



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KÄYTTÖÖNOTTO- TARKASTUSTEN SYVENTÄVÄ OHJEISTUS

TEKIJÄ: Johannes Häkkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Johannes Häkkinen			
Työn nimi Käyttöönottotarkastusten syventävä ohjeistus			
Päiväys	2.5.16	Sivumäärä/Liitteet	48 / 1
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen, lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kolmen Sähkö Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön päätavoite oli perehtyä käyttöönottotarkastusten standardien mukaisiin vaatimuksiin ja käytäntöihin ja koota näistä asioista asianmukainen ohjeistus tarkastusten tekemiseen sekä tarkastuksien ongelmatilanteiden ratkaisemiseen. Näistä asioista laadittiin myös tiivistelmä asiakasyrityksen käyttöön. Sivutavoitteena oli teollisuusasennuksiin perehtyminen ja vastaavanlaisen ohjeistuksen laatiminen teollisuuspuolen asennuksista, mutta tätä tavoitetta ei saavutettu.</p> <p>Työ käsitteli standardien (SFS 6000 -sarja, IEC) mukaisia käyttöönottotarkastuksia sekä niihin keskeisesti liittyviä tai niitä sivuavia seikkoja. Tämän lisäksi työssä keskityttiin käsittelemään käyttöönottotarkastuksiin liittyviä yleisiä ongelmia sekä vikatilanteita sekä keinoja näiden tilanteiden ratkaisemiseksi. Tietoa ongelmatilanteista kerättiin asiaanliittyvästä kirjallisuudesta sekä Kolmen Sähkön työntekijöiltä. Työssä esiteltiin standardeissa vaaditut käyttöönottotarkastuksiin liittyvät toimenpiteet erilaisissa tiloissa ja ympäristöissä toteutettavista aistinvaraisista tarkistuksista mittareilla toteutettaviin tarkastuksiin. Erikoistiloista työssä käsiteltiin räjähdysvaaralliset- ja lääkintätilat. Käyttöönottotarkastuksen lisäksi työssä sivuttiin myös varmennustarkastuksia siltä osin, kuin ne ovat tärkeitä ottaa huomioon käyttöönoton tarkastuksia tehdessä.</p> <p>Tuloksena saatiin kattava ohjeistus käyttöönottotarkastusten menetelmistä ja ongelmanratkaisusta, sekä tiivistelmä ohjeistuksesta sähköasentajan työnaikaiseen käyttöön.</p>			
Avainsanat käyttöönottotarkastus, sähkötekniikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Johannes Häkkinen			
Title of Thesis Advanced Manual for Initialization Inspections			
Date	2 May 2016	Pages/Appendices	48 / 1
Supervisor(s) Mr Heikki Laininen, Lecturer Mr Jari Ijäs, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kolmen Sähkö Oy			
<p>Abstract</p> <p>The main goal of the thesis was to get familiar with initialization inspection procedures and requirements according to standards SFS 6000 -series and IEC and to compile the most important information into a short manual for electricians' usage in case they run into faulty measurement results or other problems while performing the inspection.</p> <p>The thesis covered initialization inspection procedures according to international standards, as well as crucially connected subjects of other fields of expertise. In addition the thesis focused on the most common problematic situations and solutions to these problems. The produced document covers all standard-required procedures of initialization inspections, from sensory inspection to inspections with usage of measuring devices. In addition to the usual inspection procedures, confirmative inspection procedures and matters were cited in situations wherein they are important to know. Medical spaces G0, G1 and G2, information about medical space backup power and spaces with danger of explosive content, as well as EMC-protection and its inspection procedures were included in the thesis.</p> <p>As a result of the thesis, an about 10- page long manual of the most common inspectional problems and their solutions was drawn up according to the information and requirements provided by Kolmen Sähkö Oy. The manual will be handed over directly to the client.</p>			
<p>Keywords initialization inspection, electrical engineering</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS .....	7
2.1	Aistinvarainen tarkastus .....	7
2.2	Käyttöönottomittaukset .....	8
2.2.1	Suojajohtimen jatkuvuus .....	8
2.2.2	Eristysresistanssi .....	9
2.2.3	Suojaus SELV- tai PELV-järjestelmällä tai sähköisellä erotuksella .....	9
2.2.4	Seinä- ja lattiapintojen resistanssi .....	10
2.2.5	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta .....	11
2.2.6	Lisäsuojaus .....	15
2.2.7	Napaisuus ja toimintatestaus .....	15
2.2.8	Jännitteenalenema .....	15
2.3	EMC-suojaus .....	16
2.4	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja .....	18
3	SÄHKÖLAITTEISTON VARMENNUSTARKASTUKSET .....	19
3.1	Tarkastuskohteen määrittely ja asiakirjojen tarkastaminen .....	20
3.2	Tekninen tarkastus ja tarkastusseloste .....	21
3.3	Tarkastuksesta aiheutuvat toimenpiteet .....	22
4	KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN TULOSANALYYSIT .....	22
4.1	Suojajohtimen jatkuvuus .....	22
4.2	Eristysresistanssimittaus .....	23
4.3	Syötön automaattinen poiskytkentä .....	24
4.4	Napaisuus ja kiertosuunta .....	24
4.5	Jännitteenalenema .....	25
5	POIKKEUKSIA AIHEUTTAVAT TILAT .....	26
5.1	Räjähdysvaaralliset tilat .....	26
5.1.1	Tarkastukset .....	26
5.1.2	Tarkastuslistat .....	28
5.1.3	Muut taulukot .....	36

5.2	Hoitotilat .....	39
5.2.1	Ryhmä G0 .....	39
5.2.2	Ryhmä G1 .....	39
5.2.3	Ryhmä G2 .....	39
5.2.4	Varavoimajärjestelmä .....	40
5.2.5	Käyttöönottotarkastukset .....	40
6	YHTEENVETO .....	44
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET .....	48
	Käyttöönottotarkastusten ohjeistus sähköasentajalle .....	48

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutetaan yhteistyössä Kolmen Sähkö Oy:n ja Savonia-ammattikorkeakoulun kanssa.

Opinnäytetyö on jaettu kahteen osaan: käyttöönottotarkastusten standardinmukaisten seikkojen esittelyyn ja tarkempaan analyysiin sekä asentajan mukana pidettävään tiivistelmämuotoiseen ohjeistuksen laatimiseen.

Työn tarkoituksena on teoriaosuuden kokoamisen lisäksi laatia sähköasentajille käyttöönottotarkastusten syventävä ohjeistus, johon itseensä sisältyy myös käyttöönottotarkastusten tavanomaiset toimenpiteet erilaisissa asennustilanteissa.

Ohjeistuksen tavoite on sähköasentajien työn sujuvuuden parantamisen lisäksi esitellä asiakkaan vaatimuksen mukaiset käyttöönottotarkastukseen liittyvät yleisimmät ongelmat ja sekä hyväksi havaittuja ratkaisuja näihin ongelmiin. Ohjeistuksen lisäksi ST-kortiston käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta tehdään asiakkaalle toiveiden mukainen muokattu pohja.

Työn analyysiosiossa tavoitteena on selvittää käyttöönottotarkastusten standardien määräämät toimenpiteet ja mittaustulosten tarkempi tulkitseminen. Lisätavoite on tehdä myös teollisuusasennuksiin liittyvä vastaavanlainen ohjeiivistelmä.

## 2 SÄHKÖLAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Sähkölaitteistolle on tehtävä Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen mukaan tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa ”riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.” (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös, 1996)

### 2.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus suoritetaan ennen testauksia järjestelmän ollessa jännitteettömänä sekä koko työn suorituksen aikana. Ymmärrettävästi asennusprojektin edetessä jotkin asennukset ovat aistinvaraisesti tarkastettavissa vain tietyissä työvaiheissa. On tarkastettava, että asennettava sähkölaitteisto on sitä koskevan turvallisuusvaatimuksen mukainen, mikä voidaan todentaa tutkimalla valmistajan antamia tietoja, merkintöjä ja sertifikaatteja. Yleisenä sertifikaattimerkintänä käytetään Euroopan Unionin alueella CE-merkintää, joka on valmistajan ilmoitus pääasiassa virainomaisille siitä, että tuote täyttää direktiivien mukaiset turvallisuusstandardit. Kyseistä merkintää ei kuitenkaan tule ottaa vakuutuksena turvallisuudesta kuluttajalle, vaan on syytä perehtyä tuotteen valmistajan antamaan tarkempaan tuotekuvaukseen.

Aistinvaraisessa tarkastuksessa kiinnitetään huomiota myös siihen, että laitteisto on valittu ja asennettu noudattaen SFS 6000 -standardisarjan vaatimuksia sekä tuotteen valmistajan ohjeistusta. Yleisesti laitteisto ei saa olla vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioitunut.

SFS 6000 -sarjan luku 61.2.3 määrittää aistinvaraiseen tarkastukseen sisältyväksi vähintään seuraavien kohtien tarkastamisen, silloin kun ne ovat relevantteja:

- A. ”Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- B. palosuojauksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
- C. johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- D. suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- E. erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- F. sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- G. nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuks
- H. yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- I. piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- J. virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- K. johtimien liitosten sopivuus
- L. suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalintasausjohtimien ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassaolo ja sopivuus
- M. sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila.” (SFS6000-6, 2012)

Tarkastukseen pitää sisältyä kaikki erikoistilojen ja –asennusten erityisvaatimukset.

## 2.2 Käyttöönottomittaukset

Standardin SFS 6000 luvun 61.3.1 mukaan mittaus- ja tarkastuslaitteet ja menetelmät on valittava EN 61557- standardisarjan asianomaisen osan mukaisesti. Jos käytetään muita mittalaitteita, niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso eivät saa olla huonompia.

Seuraavat testit on tehtävä silloin, kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. Testit tehdään mieluiten seuraavassa järjestyksessä:

- A. suojajohtimien jatkuvuus
- B. sähköasennuksien eristysresistanssi
- C. SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- D. lattia- ja seinäpintojen resistanssi
- E. syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
- F. lisäsuojaus
- G. napaisuustesti
- H. kiertosuunnan mittaus
- I. toiminta- ja käyttötestit
- J. jännitteenalenema.

Jos jossakin testissä havaitaan vika, tämä ja sitä edeltävät testit, joissa saatuun tulokseen havaittu vika on voinut vaikuttaa, on toistettava vian korjauksen jälkeen. Jos testauksia tehdään räjähdysvaarallisessa tilassa, on käytettävä sopivia SFS-EN 60079-17:n mukaisia turvatoimenpiteitä. Tästä on kerrottu tarkemmin poikkeavia toimenpiteitä vaativia tiloja käsittelevässä luvussa (luku 5). (SFS6000-6, 2012)

### 2.2.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimien, tavallisimmin KeVi-johtimien, sekä pää- ja lisäpotentialintausjohtimien jatkuvuus on todennettava mittausmenetelmin. Tähän tarkoitukseen käy mittauslaitteisto, jonka vaatimukset edellisessä kohdassa on määritelty. (SFS6000-6, 2012)



## 2.2.2 Eristysresistanssi

Eristysresistanssi tulee mitata kaikkien jännitteisten johtimien ja maadoitusjohtimen väliltä. Koska testi suoritetaan järjestelmän ollessa jännitteetön, voidaan jännitteiset johtimet kytkeä yhteen. Palovaarallisissa tiloissa on suositeltavaa, että eristysresistanssi mitataan paitsi jännitteisten ja suojajohtimien väliltä, myös pelkästään jännitteisten johtimien väliltä. Vaihtojännitepiirissä tämä tarkoittaa, että kaikki vaihejohtimet mitataan sekä toisten vaihejohtimien että suojajohtimen väliltä.

TAULUKKO 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot

Virtapiirin nimellisjännite (V)	Koejännite (DC) (V)	Eristysresistanssi (MΩ)
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, FELV mukaan luettuna	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1 000	$\geq 1,0$

Eristysresistanssi voidaan todeta riittävän hyväksi, mikäli sen arvo mitattuna taulukon (TAULUKKO 1) mukaisilla koejännitteillä on vähintään yhtä suuri kuin taulukossa ilmoitettu eristysresistanssin minimiarvo. Samaa taulukkoa sovelletaan myös maadoittamattoman suojajohtimen ja maan välisen eristysresistanssin mittaamiseen. Testiin mahdollisesti vaikuttavat tai sen johdosta rikkoutuvat laitteet, kuten ylijännitesuojat, tulee erottaa ennen eristysresistanssin mittausta. Mikäli tämänkaltainen erottaminen ei ole kohtuudella mahdollista, voidaan mittauksen koejännite pienentää 250 V tasajännitteeseen. Tällöin eristysresistanssiarvon tulee kuitenkin olla  $\geq 1,0$  MΩ. Nollajohdin on erotettava mittauksen takia suojajohtimesta. Takaisinkytkentää ei tule kuitenkaan unohtaa. TN-C-järjestelmissä mittaus suoritetaan PEN-johtimen ja jännitteisten osien väliltä.

Yleisesti eristysresistanssin arvot ovat paljon suurempia, kuin taulukossa 1 on esitetty. Jos saman järjestelmän eristysresistanssiarvoissa on huomattavia eroja, on tarpeen tehdä lisätutkimusta syyn selvittämiseksi. (SFS6000-6, 2012)

## 2.2.3 Suojaus SELV- tai PELV-järjestelmällä tai sähköisellä erotuksella

Pienoisjännitesuojaus on menetelmä, joka koostuu joko SELV- tai PELV-pienoisjännitejärjestelmästä. Kyseinen suojausmenetelmä vaatii, että

- ”Järjestelmän jännitteen yläraja on jännitealueen I yläraja 50 V (AC) tai 120 V (DC).
- Järjestelmä erotetaan suojaerotuksella muista virtapiireistä ja peruserotuksella muista SELV- tai PELV-järjestelmistä
- SELV-järjestelmissä peruseristys järjestelmän ja maan välissä.” (SFS-IEC60449, 2007)

SELV- ja PELV-järjestelmän (SFS6000-4-414, 2012) erotus muista järjestelmistä ja/tai maasta todetaan tekemällä eristysresistanssimittaus, jonka mittausarvojen tulee olla taulukon 1 mukaisia.

Sähköinen erotus on suojausmenetelmä, jossa perussuojaukseen käytetään jännitteisten osien peruseristystä, kotelointia tai suojuksia ja vikasuojaukseen käytetään erotettujen osien yksinkertaista erotusta muista piireistä ja maasta. Mikäli käytössä ei ole perussuojausta tai vaaditaan parempaa suojaustasoa, on käytettävä kaksoiseristyksellä varustettua suojaerotusmuuntajaa. Tätä suojausmenetelmää tulee rajoittaa vain yhden laitteen syöttämiseen maadoittamattomasta, vain yksinkertaisesti erotetusta teholahteesta. Kun useampaa kuin yhtä laitetta syötetään mainitunkaltaisesta teholahteesta, tulee standardin SFS 6000-4-41 liitteen 41C.3 vaatimusten täyttyä. (SFS6000-4-413, 2012)

Vikasuojan vaatimukset:

- Virtapiirin jännite ei saa ylittää 500 V.
- Virtapiiriä, joka on erotettu, tulee syöttää vähintään yksinkertaisen erotuksen antavan teholahteen kautta.
- Erotetun järjestelmän jännitteisiä osia ei saa kytkeä mistään pisteestä toiseen virtapiiriin tai maahan, on käytettävä järjestelyä jossa virtapiirien välinen peruseristys säilyy.
- Mikäli käytetään taipuisia liitäntäkaapeleita, on niiden mahdollisesti mekaanisesti vahingoittuvat osat oltava kokonaan näkyvissä.
- Erotetussa piirissä suositellaan käytettäväksi erillisiä johtojärjestelmiä. Mikäli erotetut piirit ovat samassa johtojärjestelmässä muiden piirien kanssa, tulee käyttää metallivaipattomia monijohdinkaapeleita tai eristettyjä johtimia eristysaineiseen johdinkanavaan asennettuna siten, että seuraavat edellytykset täyttyvät:
  - o johtojärjestelmässä on vähintään yhtä suuri mitoitusjännite kuin asennuksen suurin mahdollinen nimellisjännite
  - o jokainen piiri on ylivirtasuojattu.
- Erotetun piirin suojajohtinta ei saa kytkeä toisen piirin suojajohtimeen, jännittealttiin osiin tai maahan. (SFS6000-4-413.3, 2012)

#### 2.2.4 Seinä- ja lattiapintojen resistanssi

Eristysvastuksen mittaus suoritetaan tarkastettavassa tilassa siten, että mittauksia tehdään kolme kappaletta. Yksi mittaus on tehtävä noin metrin päässä tilassa olevasta muusta kosketeltavasta, johtavasta osasta. Kaksi muuta mittausta tehdään kauempaa. Eristävien seinien ja lattioiden vastus tai impedanssi mitataan järjestelmän jännitteellä maahan nimellistajajuudella (SFS6000-6-61.3.5, 2012). Eristävien lattioiden ja seinien resistanssin on oltava kussakin mittauspisteessä vähintään 50 kΩ, kun asennuksen nimellisjännite on enintään 500 V ja 100 kΩ, kun asennuksen nimellisjännite on yli 500 V. (SFS6000-4-41C.1.5, 2012)

Mittauksessa tulee käyttää standardin mukaisesti määriteltäviä ja asennettuja mittauselektrodeja.

Aikaisemmin mainittu mittaussarja tulee toteuttaa kaikille mittauksista vaativille pinnoille.

Tämän kohdan mittaus toteutetaan vain erikoistapauksissa, koska eristävää ympäristöä ei käytännössä käytetä. Mikäli lattian resistanssia mitataan ESD- suojausjärjestelmän takia, tulee noudattaa standardin SFS-EN 61340-4-1 mukaisia säästöjä ja ohjeita.

## 2.2.5 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Mikäli vikavirtasuojia käytetään myös tulipalolta suojaamiseen, voidaan automaattisen poiskytkennän vaatimusten katsoa täyttävän myös standardin SFS6000-4-42 mukaiset vaatimukset.

TAULUKKO 2. Suurimmat sallitut poiskytkentäajat korkeintaan 32 A suojalaitteella suojatuille ryhmäjohtimille.

Järjestelmä	50 V < $U_0 \leq 120$ V s		120 V < $U_0 \leq 230$ V s		230 V < $U_0 \leq 400$ V s		$U_0 > 400$ V s	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
<b>TN</b>	0,8	*	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
<b>TT</b>	0,3	*	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,41

Taulukossa (taulukko 2) esitetään suurimmat sallitut poiskytkentäajat taulukon otsikon mukaisen suojausjärjestelmän yhteydessä. \* merkityssä sarakkeessa merkintä tarkoittaa sitä, että poiskytkentää voidaan tarvita muista syistä kuin sähköiskulta suojaamiseen. (SFS6000-4-411.3.2.2, 2012)

Poiskytkennän toimivuus tarkastetaan seuraavasti:

- **TN-järjestelmässä** mitataan vikavirtapiirin impedanssi, jonka tulee täyttää standardi SFS6000-4-411.4.4:

$$Z_s * I_a \leq U_0, \text{ jossa}$$

$Z_s$  = vikapiirin impedanssi ohmeina ( $\Omega$ ), mikä käsittää teholähteen, äärijohtimen vikapaikkaan saakka ja suojamaadoitusjohtimen vikapaikan ja teholähteen välillä

$I_a$  = virta ampeereina (A), jolla suojalaite toimii automaattisesti tai vikavirtasuojan tapauksessa toimintavirta, jolla saadaan aikaan poiskytkentä

$U_0$  = nimellinen vaihto- tai tasajännite äärijohtimen ja maan välillä voltteina (V).

(SFS6000-4-411.4.4, 2012)

TN-järjestelmässä saa käyttää suojaukseen ainoastaan ylivirta- ja vikavirtasuojia. Mikäli kyseessä on TN-C-järjestelmä, ei vikavirtasuojia saa käyttää. TN-C-S-järjestelmän tapauksessa PEN-johdinta ei saa käyttää kuorman puolella, vaan se pitää yhdistää suojamaadoitusjohtimeen vikavirtasuojan syötön puolella. (SFS6000-4-411.4.5, 2012)

Edellämainittua mittauksista ei tarvitse suorittaa, mikäli on käytettävissä laskelmat vikavirtapiirin impedanssista ja suojajohtimien vastuksista sekä ne on asennettu siten, että johtopituus ja johdon

poikkipinta-ala täsmäävät laskelmien kanssa. Mikäli näin on, riittää pelkkä jatkuvuusmittauksen suorittaminen. Myös siinä tapauksessa, että käytetään poiskytkentälaitteena vikavirtasuojaa, jonka  $I_{\Delta n} \leq 500 \text{ mA}$ , ei vikavirtapiirin impedanssia normaalisti mitata.

**Huom!** Vaikka laskennalliset arvot ovat käytettävissä, tulee oikosulkusuojan toiminta silti tarkastaa pistokokein.

Edellämainitun kohdan lisäksi suoritetaan käytettävien suojalaitteiden ominaisuuksien ja/tai tehokkuuksien tarkastus. Ylivirtasuojien tapauksessa tämä tarkoittaa aistinvaraista tarkastusta, jossa varmennetaan katkaisijoiden pikalaukaisuarvot tai –asettelut ja sulakkeiden virta-arvot sekä tyypit. Vikavirtasuojauksen tarkastus tapahtuu sekä aistinvaraisesti että testaamalla poiskytkentäajat ja –virrat. Vikavirtasuojan (mitoitustoimintavirraltaan enintään 30 mA) testaukseen tulee käyttää standardissa EN 61557-6 määriteltyä testauslaitteistoa ja tuloksien tulee täyttää standardin SFS6000-4-41 vaatimukset. Vikavirtasuojan poiskytkentäaika 0,4 sekuntia on relevantti vain, jos sitä käytetään oikosulkusuojan lisäsuojana.

”TT-järjestelmässä kaikki saman suojalaitteen jakavat jännitealttiit osat on kytkettävä niille yhteiseen maadoituselektrodiin. Mikäli useita suojalaitteita käytetään, koskee tämä vaatimus kaikkia niitä jännitteisiä osia, jotka kullakin suojalaitteella on suojattu. Syöttöjärjestelmän nolla- tai keskipiste on maadoitettava. Ellei tällaista pistettä ole tarjolla, on maadoitettava yksi äärijohtin.” (SFS6000-4-411.5.1, 2012)

-

Asennukselle alttiiden jännitteisten osien maadoituselektrodin resistanssi  $R_A$  tulee mitata. Tämän ollessa mahdotonta voidaan mittaus voidaan korvata samanlaisella vikapiirin impedanssin mittauksella kuin TN- järjestelmässä.

Käytetyn suojalaitteen ominaisuudet tarkastetaan ylivirtasuojilta samaan tapaan kuin TN-järjestelmässä. Vikavirtasuojat tarkastetaan sekä aistinvaraisesti että laitteen omaa testipainiketta ja testilaitetta käyttäen mitoitustoimintavirtaa. Testilaitetta ja tulosvaatimuksia koskevat samat standardit kuin TN-järjestelmän vikavirtasuojasta. Myös poiskytkentäaikojen tarkastus suositellaan tehtäväksi seuraavissa tilanteissa: ”

- käytettäessä aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia
- olemassa olevien asennusten muutos- ja laajennustöissä, joissa olemassa olevia vikavirtasuojia käytetään muutos- tai laajennusosien poiskytkentälaitteina.”

Mikäli suojauksen toiminta on varmistettu vikavirtasuojan jälkeisessä pisteessä, voidaan asennuksen suojaus todeta suojajohtimen jatkuvuusmittauksella. (SFS6000-6-61.3.6.1, 2012)

IT-järjestelmässä tulee mitata tai laskea ensimmäinen vian aiheuttama vikavirta  $I_d$  ääri- tai nollajohtimessa. Olosuhteiden ollessa TT- tai TN-järjestelmän mukaiset, ryhdytään niitä käsittelevien kohtien mukaisiin tarkastustoimenpiteisiin.

Tuloksen täytyy täyttää seuraavat ehdot: (SFS6000-4-411.6.2, 2012)

**AC:**  $R_A * I_d \leq 50 \text{ V}$

**DC:**  $R_A * I_d \leq 120 \text{ V}$ , jossa

$R_A$  = jännitteelle alttiiden osien suojamaadoitusjohtimen ja maadoituselektrodin vastuksien summa ( $\Omega$ )

$I_d$  = 1. vian vikavirta (A) äärijohtimien ja jännitealttiiden osien välillä, kun vikaimpedanssia ei oteta huomioon. Arvoon vaikuttavat vuotovirrat ja kokonaismaadoitusimpedanssi.

IT-järjestelmässä jännitteisten osien tulee olla maasta erotettuja tai maadoitettuja riittävän suuren impedanssin kautta. KytKentä voidaan tehdä järjestelmän nollapisteessä, keskipisteessä tai keinotekoisessa nollapisteessä. Mikäli kokonaisnollaimpedanssi on tarpeeksi suuri, voidaan keinotekoinen keskipiste maadoittaa. Tähtipisteen puuttuessa voidaan äärijohtimien maadoittaa suuren impedanssin kautta. Mikäli yllämainitut ehdot täyttyvät, ei syötön automaattista poiskytkentää välttämättä tarvita yksittäisen vian sattuessa, koska vikavirran arvo maahan tai jännitealttiiseen osaan on pieni. Kaksoisvian sattuessa on kuitenkin ryhdyttävä toimiin henkilöihin kohdistuvan vaaran välttämisen vuoksi. Vikavirtapiirin mittaamiseksi täytyy järjestelmän nollakohta ja suojajohtimien yhdistää asennuksen aloituspisteessä. Ellei tämä ole mahdollista, toteutetaan yhdistäminen mittauskohdassa pieniarvoisen impedanssin kautta. (SFS6000-6-61.3.6.1, 2012)

Tässä järjestelmässä voidaan käyttää seuraavanlaisia suoja- ja valvontalaitteita: "

- eristystilan valvontalaitteita
- vikavirta- ja vikavirta- ja vikavirtasuojia.
- eristysvian ilmaisujärjestelmää
- vlivirta- ja vikavirtasuojia."

(SFS6000-4-411.6.3, 2012)

"Ensimmäisen vian jälkeen tapahtuvan toisessa virtapiirissa tapahtuvan toisen vian poiskytkennän vaatimukset:

- Jos jännitealttiit osat on yhdistetty samaan maadoitusjärjestelmään, noudatetaan TN-järjestelmän mukaista suojausjärjestelyä. Jos AC-järjestelmässä ei käytetä nollajohtinta tai DC-järjestelmässä ei käytetä keskipistejohtinta, täytyy seuraavien ehtojen täyttyä:

$$2 * I_a * Z_s \leq U \text{ Kaava 1.}$$

mikäli nolla- tai keskipistejohtimien on käytössä:

$$2 * I_a * Z'_s \leq U_0 \text{ Kaava 2.}$$

jossa

$U_0$  = äärijohtimien ja nolla- tai keskipistejohtimien välinen nimellisjännite (V)

$U$  = äärijohtimien välinen vaihto- tai tasajännite

$Z_s$  = piirin äärijohtimien ja suojajohtimien sisältämän vikapiirin impedanssi

$Z'_s$  = piirin nollajohtimien ja suojajohtimien sisältämän vikapiirin impedanssi

$I_a$  = virta, joka aikaansaa suojalaitteiden toiminnan TN-järjestelmille taulukossa 2 vaaditussa ajassa."

Taulukossa 2 näkyvät ajat ovat voimassa IT-järjestelmissä riippumatta siitä, onko käytössä nolla- vai keskipistejohdin. Kerroin 2 kummassakin kaavassa ottaa huomioon toisen vian toisessa piirissä sattumisen mahdollisuuden.

"Mikäli jännitealttiit osat on maadoitettu ryhmissä tai erikseen, pätee seuraava vaatimus:

$$R_A * I_a \leq 50 V$$

jossa

$R_A$  = jännitealttiiden osien kokonaismaadoitusvastus ( $\Omega$ )

$I_a$  = virta, joka aiheuttaa suojalaitteen toiminnan TT-järjestelmässä taulukossa 2 vaaditun ajan mukaisesti.

Jos tämän kohdan vaatimukset toteutetaan vikavirtasuojilla, voi taulukon 2 mukaisten poiskytkentäaikaajan saavuttaminen vaatia suurempia vikavirtoja kuin vikavirtasuojan mitoitusomintavirta, tyyppillisesti  $5 I_{\Delta n}$ ." (SFS6000-4-411.6.4, 2012)

Maadoituselektrodin resistanssin mittaaminen on suoritettava soveltuvalla menetelmällä seuraavasti:

*TT-järjestelmät:*

Taulukon 2 mukaiset poiskytkentäaikaavaatimukset pätevät.

Jos vikavirtasuojaa käytetään vikasuojaukseen, täytyy täyttyä ehto:

$$R_A * I_{\Delta n} \leq 50 V, \text{ jossa}$$

$R_A$  = suojajohtimien ja maadoituselektrodin resistanssien summa ( $\Omega$ )

$I_{\Delta n}$  = vikavirtasuojan mitoitusomintavirta

Tässä tapauksessa suojaus tapahtuu myös silloin, kun vikaimpedanssi ei ole mitätön. Jos muuttujan  $R_A$  arvoa ei tiedetä, se korvataan muuttujalla  $Z_s$ . Taulukossa 2 mainitut poiskytkentäajat viittaavat prospektiivisiin virta-arvoihin. Nämä arvot ovat paljon suuremmat kuin vikavirtasuojan mitoitusomintavirta, yleensä vähintään  $5 I_{\Delta n}$ .

*TN-järjestelmät:*

Elektrodin resistanssimittauksen sijaan sen eheyden selvitys riittää. Muuntopiirin maadoitusresistanssia käsiteltäessä vaatimukset ovat yleensä suurjänniteasennusten vaatimusten mukaisia.

*IT-järjestelmät:*

Toimitaan IT-järjestelmää käsittelevän kohdan kaavojen 1 ja 2 mukaisesti. (SFS6000-6-61.3.6.2, 2012)

## 2.2.6 Lisäsuojaus

Vikavirtasuojia toimintavirraltaan 30 mA AC-järjestelmässä pidetään lisäsuojana, joka toimii käyttäjän ollessa huolimaton tai perussuojauksen vioittuessa. Sitä ei kuitenkaan hyväksytä päätoimisena suojausmenetelmänä eikä se poista tarvetta käyttää perussuojausmenetelmiä.

Suojaavan lisäpotentialintasauksen käyttöä pidetään vikasuojauksen täydennyksenä, eikä sekään poista tarvetta kytkeä syöttöä pois muista syistä, kuten palosuojauksen takia. Tätä menetelmää voidaan käyttää kokonaisasennukseen, sen osaan, yksittäiseen laitteeseen tai yksittäiseen tilaan. Erikoistiloissa lisävaatimukset voivat olla tarpeen. Kaikki samanaikaisesti kosketeltavat jännitealttiit osat on sisällytettävä tähän asennukseen, mukaan lukien pistorasioiden suojajohtimet. Myös rakennuksen betonirakenteiden pääteräksset on suositeltavaa mahdollisuuksien mukaan liittää siihen.

”Mikäli epäillään suojaavan lisäpotentialintasauksen tehoa, on samanaikaisesti kosketeltavien jännitealttiiden ja muiden johtavien osien välisten osien resistanssin täytettävä seuraava ehto:

$$\text{AC: } R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a}$$

$$\text{DC: } R \leq \frac{120 \text{ V}}{I_a}$$

, jossa  $I_a$  = suojalaitteen toimintavirta

- vikavirtasuojilla  $I_{\Delta n}$
- ylivirtasuojilla 5 sekunnin toiminta-aika”

(SFS6000-4-415.2, 2012)

## 2.2.7 Napaisuus ja toimintatestaus

”Yksinapaisten kytkinlaitteiden kytkeminen nollajohtimeen on kielletty. Näin ollen on varmistuttava, että kaikki tällaiset kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin.” (SFS6000-6, 2012)

Moninapaisissa piireissä on oltava varma, että kiertosuunta säilyy. Tähän lukeutuvat kaikki kolmivaihekeskukset ja –pistorasiat.

Toimintatestissä testataan kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteet ja vastaavat, jotta voidaan todeta niiden kokoaminen, asentaminen ja asettelu vaatimusten mukaisiksi. Samaisella testillä tarkastetaan myös laitteiden toiminnallisuus. Suojalaitteiden testaus on tehtävä tarpeen mukaan toimintakunnon toteamiseksi. Nämä toimintatestit eivät korvaa laitestandardeissa esitettyjä laitteistokokeita. (SFS6000-6, 2012)

## 2.2.8 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema voidaan määrittää mittaamalla piirin impedanssi tai käyttämällä tarkoitukseen tehtyjä käyrästöjä, jos niin erikseen sovitaan. (SFS6000-6-61.3.11, 2012) Tähän sovelletaan standardin SFS 6000-5-52 lukua 525:

”Muiden vaatimusten puuttuessa on suositeltavaa, ettei jännitteenalenema ole liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä suurempi kuin mitä taulukossa (TAULUKKO 3) on esitetty. Muut vaatimukset voivat koskea moottoreiden käynnistysaikaa sekä laitteita, joilla on suuri syöksyvirta-arvo. Jännitetransientit ja epänormaalista käytöstä johtuvat jänniteheilahtelut sekä muut tilapäiset olosuhteet voidaan jättää huomiotta.”

TAULUKKO 3. Jännitteenaleneman vaatimukset

Asennuksen tyyppi	Valaistus (%)	Muu käyttö (%)
A) PJ- asennus, syöttö suoraan jakeluverkosta	3	5
B) PJ- asennus, syöttö yksityisestä teholähteestä*	6	8
<p>*On suositeltavaa, etteivät ryhmäjohtojen jännitteenalenemat ylitä kohdassa A) annettuja arvoja, mikäli vain mahdollista.</p> <p>Kun asennuksen pääjohtojen pituus on &gt;100 m, voidaan jännitteenalenemaa kasvattaa 0,005 % johdon 100 metriä ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä alenema ei saa olla &gt;0,5 %. Jännitteenalenema määritellään laitteiston tehon mukaan käyttäen piirien suunniteltuja virtoja, tai mikäli ne soveltuvat, tasoituskertoimia.</p>		

## 2.3 EMC-suojaus

EMC-käsite on EMC-direktiivin ja International Electrotechnical Vocabularyn mukaan (IEV 161-01-07) seuraava: ”sähkömagneettinen yhteensopivuus on saavutettu silloin, kun laitteisto toimii hyväksyttävällä tavalla sen sähkömagneettisessa ympäristössä ilman, että se itse aiheuttaa kohtuuttomia sähkömagneettisia häiriöitä millekään muulle (laitteistolle, järjestelmälle) tässä ympäristössä.” Myös aikaisemmin tässä dokumentissa mainittu CE-merkintä on osoitus siitä, että laite täyttää EMC-direktiivin olennaiset vaatimukset ja että valmistaja on arvioinut vaatimustenmukaisuuden täyttyvän. (ST37-1, 2008)

Yleiskaapeloinnissa on otettava huomioon seuraavanlaisia asioita:

- standardinmukaiset kaapelit ja liitintarvikkeet
- kaapeleiden käsittely
- etäisyydet muista kaapeleista ja häiriölähteistä
- suojien päättäminen
- potentiaalintasaus sekä maadoitus.

Laittevalmistajat ilmoittavat kaapeleiden ja liitintarvikkeiden EMC-suojaukset kategorioittain, joita yleisesti avataan suunnitteluohjeissa. Standardinmukaisessa asennuksessa myös työpistekaapeli sekä laitekaapeli ovat suojattuja. Parisuojatut kaapelit ovat yksi esimerkki kaapelista, jonka häiriönkestävyys on hyvä.



Tärkeimpiä kaapelinkäsittelyä koskevia asioita ovat taivutussäteet, vetovoimat ja pienimmät sallitut asennuslämpötilat. EMC:n kannalta on ennen kaikkea tärkeää, ettei kaapelin asennuksessa synny muutoksia kaapelin mahdolliseen symmetriaan tai suojausrakenteeseen. Esimerkkejä tästä ovat kaapelihyllyille kaapeleita asennettaessa taivutuskulmat ja kiinnitykseen käytettävien nippusiteiden tiukkuus.

Mikäli kaapelisuojausta käytetään, sen tulee jatkua koko kanavan matkan laitteelta laitteelle. Liittimiä käytettäessä on huomioitava, että suojaus ympäröi johdinpareja myös liitoksen yli. Kaikki suojat on yhdistettävä jokaisessa jakamossa tai tietoliikennehuoneessa telineisiin, jotka on puolestaan yhdistettävä rakennuksen omaan maadoitukseen tai potentiaalintasaukseen. Jokaisen telineen yhdistymisestä tulee varmistua, jotta voidaan olla varmoja suojan katkeamattomuudesta. Kaapeleiden sijoituksessa tulee noudattaa telekaapelien periaatteita. EMC- suojattavat kaapelit tulee sijoittaa mahdollisimman kauas virtakaapeleista. Taulukot (TAULUKKO 4, TAULUKKO 5) esittävät periaatteen kaapeleiden etäisyyksille toisistaan. TAULUKKO 4 saadaan etäisyys  $S$  ja TAULUKKO 5 kerroin, jolla etäisyys  $S$  tulee kertoa, jotta saadaan vaadittava etäisyys. Näin ollen vaadittava etäisyys  $A = P * S$ .

Kaapeleiden välillä ei kuitenkaan vaadita suojaetäisyyttä, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät samanaikaisesti:

- Sähkökaapelin johtimet muodostavat vain yksivaiheisia piirejä, joiden kokonaisvirta on enintään 32 A sekä joiden johtimet ovat lähellä toisiaan.
- Tietoliikennekaapeloinnin ympäristöluokitus on standardissa EN 50173-1 määritellyn luokan E1 mukainen.
- Tietoliikennekaapelit täyttävät erotusluokan "b", "c" tai "d" vaatimukset.

(ST16-7.2.3, 2014)

Potentiaalintasausjohtimien jatkuvuusmittaus sekä eristysresistanssimittaus TN-S- järjestelmässä ovat olennaisia EMC:n kannalta.

TAULUKKO 4. Signaalikaapelin etäisyys sähkökaapelista

Parikaapelin etäisyysluokitus	Suojaamaton parikaapeli: Epäsymmetrinen vaimennus TCL, 30...100 MHz dB	Suojattu parikaapeli Kytkevämennus 30...100 MHz dB	Esimerkkejä tietyn etäisyysluokan parikaapeleista	Parikaapelin ja sähkökaapelin välinen minimietäisyys $S$ (mm)			
				Kaapeleiden välillä ei mitään suojarakennetta	Parikaapelit tai sähkökaapelit omiin metallisiin johtoteihin		
					Avoim johtotie (>20%)	Puoliavoin johtotie (≤20%)	Umpinainen johtotie
d	≥70-10	≥80	CAT 5, 6, 6A, 7, 7A, S/FTP	10	8	5	0
c	≥60-10	≥55	CAT 5, 6, 6A, F/UTP, U/FTP	50	38	25	0
b	≥50-10	≥40	CAT 5, 6, 6A, U/UTP	100	75	50	0
a	≥50-10	< 40	Alle CAT 5 tai tuntematon	300	225	150	0

TAULUKKO 5. Sähkökaapeleiden virrasta ja lukumäärästä riippuva kerroin

Sähkökaapelin ominaisuudet	1- vaihepiirien lkm	Kerroin P
20 A, 230 V, 1 vaihe	1..3	0,2
	4..8	0,4
	7..9	0,6
3- vaihekaapeli luetaan kolmeksi 1- vaiheiseksi	10..12	0,8
	13..15	1
	16..30	2
Yli 20 A:n virta luetaan 20 A:n monikerraksi	31..45	3
	46..60	4
	61..75	5
	> 75	6

## 2.4 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Kun uusi asennus tai olevassa olevan asennuksen muutos tai laajennus on valmis, on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja, ellei Kauppa- ja teollisuusministeriön säädöksessä 517/1996 muuta sanota tai sen laatimista muuten edellytetään. Pöytäkirjan tulee sisältää yksityiskohtainen asennuksen määrittely ja tarkastus- ja testaustulokset. Mikäli tarkastuksissa tai testauksissa ilmenee vikoja tai laiminlyöntejä, on ne korjattava, ennen kuin asentaja voi ilmoittaa asennuksen täyttävän SFS 6000 -standardin vaatimukset. (SFS6000-6-61.4.1, 2012)

Tarkastuspöytäkirjasta olisi hyvä selvittää myös huolto- ja kunnossapito-ohjelma tai niiden toteuttamiseen vaadittavat tiedot, mukaan lukien lakisääteisten määräaikaistarkastusten ajankohdat.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (517/1996)

”4§:

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä

- sellaisista sähkötöistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä
- nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten laitteistojen asennuksista,
- yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä
- yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvästä muutostöistä enintään 1 kV nimellisjännitteellä,
- nimellisjännitteeltään enintään 1 kV kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta, eikä
- sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

Edellä 2 momentissa mainituista tapauksista on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle.”

2§:ssä luetellaan luokkien 1-3 sähkölaitteistot, jotka tiivistettynä ovat seuraavanlaiset:

**”Luokan 1** sähkölaitteisto on

- a) Asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin 2 asuinhuoneistoa
- b) Enintään 1 kV nimellisjännitteistä laitteistoa liike-, teollisuus-, maatalousrakennuksessa tai julkisessa rakennuksessa jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria
- c) Laajaa, rakennusten ulkopuolelle rakennettua sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria
- d) Sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta

**Luokan 2** sähkölaitteisto on

- a) Sähkölaitteisto majoitusrakennuksessa, jossa majoituspaikkoja on vähintään 100, kokoontumishuoneistossa, jossa suurin henkilömäärä on 250, ja rakennuksessa, joka on katsottava suurmyymäläksi tai näyttelyhalliksi.
- b) Sähkölaitteisto sairaalan, terveyskeskuksen tai yksityisen tutkimus- tai hoitolaitoksen lääkintätilassa, jossa ei tehdä anestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä
- c) Sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 kV nimellisjännitteisiä osia, lukuunottamatta laitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 kV nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 kV sähkölaitteita
- d) Sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria
- e) Verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko

**Luokan 3** sähkölaitteisto on

- a) Sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa
- b) Sähkölaitteisto sairaalan, terveyskeskuksen tai yksityisen tutkimus- ja hoitolaitoksen lääkintätilassa, jossa tehdään anestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä.”

(KTM, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös, 1996)

### 3 SÄHKÖLAITTEISTON VARMENNUSTARKASTUKSET

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 557/1996, 5§:

”Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähkölaitteistolle on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1—3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös tällaisten laitteistojen muutostöille, jollei ole kyse 4 §:n 2 momentissa tarkoitetuista sähköalan töistä.

Edellä 1 momentista poiketen luokan 1 ja 2 sähkölaitteiston muutostyölle ei edellytetä varmennustarkastusta, kun

1. muutostyön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellisjännite on enintään 1 000 volttia sekä työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria tai
2. muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta.”

6§:

”Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus.”

7§:

”Varmennustarkastus on tehtävä, ennen kuin sähkölaitteisto otetaan varsinaiseen käyttötarkoitukseensa. Luokan 1 ja 2 laitteistolle voidaan varmennustarkastus tehdä kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta ja verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille sähköverkoille seuraavan kalenterivuoden kuluessa.”

8§:

”Varmennustarkastuksen voi tehdä vain valtuutettu laitos poislukien luokan 1 ja 2 laitteistot, joiden tarkastuksen voi tehdä myös valtuutettu tarkastaja. Luokan 3 laitteistoja lukuun ottamatta varmennustarkastus voidaan korvata laitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen urakoitsijan varmennuksella, jolla on tähän oikeus.”

9§:

”Varmennustarkastuksesta ja sitä korvaavasta sähköurakoitsijan varmennuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus. Todistuksesta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmä ja selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava todistus.” (KTM, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös, 1996)

### 3.1 Tarkastuskohteen määrittely ja asiakirjojen tarkastaminen

Varmennustarkastukset sovitaan tarkastuksen tilaajan, kuten laitteiston rakentajan tai haltijan kanssa. Mikäli asiaan liittyy muita osapuolia, myös heille on tarjottava mahdollisuus osallistua tarkastuksiin.

Kohteen asiakirjoihin tulee tutustua ennen teknisen tarkastamisen aloittamista. Aluksi on selvitettävä tarkastettavan kohteen sähkölaitteiston luokka, laajuus ja rajat ja minkä ohjeistuksen ja dokumentoinnin perusteella laitteiston rakentaminen ja käyttöönottotarkastus on tehty sekä

mahdolliset poikkeamat normatiivisista asiakirjoista. On myös arvioitava, ovatko normatiiviset asiakirjat sekä muu dokumentaatio koko laitteiston kattavat.

Asiakirjoista tulee löytyä normaalin käyttöönottotarkastuksen kaikki osat mukaanlukien piirustukset ja mittaustulokset. Myös varmennustarkastuksen suorittavan henkilön kelpoisuus tehtävään tulee selvittää.

### 3.2 Tekninen tarkastus ja tarkastusseloste

Teknisen tarkastuksen alkaessa selvitetään kaikki toimenpiteet ja erityisrajoitukset, jotka ovat tarpeen tietää kohteen tarkastuksessa. Tarkastuksessa kiinnitetään huomioita asioihin, jotka osoittavat laitteiston vaaditun sähköturvallisuustason ja asioihin, joista käy ilmi, onko laitteiston rakentaja itse tehnyt vaaditut tarkastukset. Varsinaisia testauksia ja mittauksia tehdään vaatimusten mukaisten toimenpiteiden suorituksen varmistamiseksi. Dokumentointia tarkastetaan sähköpiirustusten ja asennusten vastaavuuden varmistamiseksi sekä käyttöönottotarkastuksen suorituksen ja tulosten luotettavuuden saavuttamiseksi.

Tarkastusohjelma sisältää seuraavat osat:

- Asennustilojen tarkastus yleisesti
- Pistotarkastuksen suoritus siten, että tekniset kokonaisuudet tulevat riittävän laajasti tarkastettua.

Jos tarkastuksessa ilmenee puutteita, on pistokokeiden kattavuutta kasvatettava ja tehtävä arvio puutteiden vaikutuksesta yleiseen sähköturvallisuuteen. (SFS5825-4.4, 2006)

Työn aikana täytettävä tarkastusseloste käy myös tarkastustodistuksesta. Selosteesta tulee käydä ilmi seuraavat asiat:

- a) tarkastuksen tehneet ja siihen osallistuneet henkilöt
- b) tarkastettu laitteistokokonaisuus tunnistetietoineen, haltijatietoineen, osoitteineen ja jakeluverkon haltijatietoineen
- c) laitteiston tarkastusmenetelmät
- d) maininta laitteiston osista, joihin tarkastuksen otannat kohdistettiin
- e) toteamus laitteiston vaatimustenmukaisuudesta
  - vaatimustenmukaisuuden arviointiin käytetyt asiakirjat
  - maininta paikoista, joissa laitteiston rakentaja on ilmoittanut poikenneensa asiakirjavaatimuksista ja arvio näiden seikkojen turvallisuusvaikutuksista
  - luettelo paikoista, jotka eivät täytä vaatimustenmukaisuuden arviointiin käytettävien asiakirjojen vaatimuksia.
- f) testien tulokset
- g) kuvaukset tarkastustoimenpiteistä, mikäli ne ovat olleet poikkeavia tavallisista
- h) tarvittaessa ilmoitus, mikäli tarkastus on ollut vapaaehtoinen

(SFS5825-4.5, 2006)

### 3.3 Tarkastuksesta aiheutuvat toimenpiteet

Jos varmennustarkastuksessa todetaan että laitteiston rakennus on vielä huomattavasti kesken tai käyttöönottotarkastus on tekemättä tai se on tehty puutteellisesti, esimerkiksi jos tärkeät testaukset ovat tekemättä, on varmennustarkastus keskeytettävä ja sovittava jatkotarkastuksen ajankohdasta. Mikäli tarkastettava laitteisto on jo käytössä, tarkastetaan siitä tarvittavat osat jonka jälkeen sovitaan jatkotarkastus ajankohdalle, jolloin mahdolliset puutteet on korjattu. Jos tarkastus on keskeytetty, ei siitä luovuteta tarkastustodistusta. Keskeytyksen syyt ja puutteet toimitetaan kirjallisesti tarkastuksen tilanneelle osapuolelle.

Jos tarkistetun laitteiston käytön todetaan aiheuttavan välittömän vaaran, on siitä ilmoitettava kirjallisesti laitteiston käyttäjälle sekä kehoitettava lopettamaan laitteiston käyttö sekä erottamaan se sähköverkosta. Jäljennös ilmoituksesta on toimitettava sähköturvallisuusviranomaiselle. Vaara on poistettava mahdollisimman nopeasti, ja mikäli se ei ole asianomaisten osalta mahdollista, on vaarallinen laite tai tila tehtävä vaarattomaksi henkilöille ja omaisuudelle käyttäen lukitus-, varoitus- tai muita sellaisia menetelmiä. Selvitys korjaus- tai suojaustyöstä suositellaan liitettäväksi viranomaiselle tehtävään ilmoitukseen.

Tarkastuksessa tulee luetteloida puutteet ja viat, jotka johtuvat asiaan liittyvien asiakirjojen vaatimusten puutteesta. Mikäli laitteiston rakentaja ilmoittaa poikenneensa asiakirjavaatimuksista ja on tehnyt siitä ministeriön päätöksen mukaisen selvityksen, tehdään arvio siitä, täyttävätkö laitteisto ja sen mahdolliset muutokset yleiset sähköturvallisuusvaatimukset.

Tarkastustodistus laaditaan laitteistohaltijan käyttöön. Sen tulee sisältää kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmät ja kokonaisselvitys laitteiston säännösten ja vaatimusten mukaisuudesta. Tarkastaja allekirjoittaa tarkastustodistuksen sekä tekee ilmoituksen suoritetusta tarkastuksesta sähköturvallisuusviranomaiselle ja verkonhaltijalle. Tarkastajalla ja tarkastuslaitoksella on velvoite säilyttää alkuperäiset tarkastusaineistot ja kaikki niihin liittyvä dokumentaatio vähintään 15 vuoden ajan. (SFS5825-5, 2006)

## 4 KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTEN TULOSANALYYSIT

### 4.1 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuusmittauksella halutaan todentaa suojajohtimien, mukaan luettuna pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien jatkuvuus ja liitoksien riittävä kuntoisuus. Testaus tehdään jännitteettömässä järjestelmässä ryhmän pisimmän suojajohtimen päästä sekä laitteittain. Hyväksyttävää raja-arvoa ei jatkuvuusmittaukselle ole määritelty, vaan testin tulosta pidetään tyydyttävänä, mikäli mittarin ilmoittama vastusarvo on riittävän hyvä. Tulosta tulee verrata mitattavan johtimen pituuteen ja poikkipinta-alaan sekä valmistajan ilmoittamaan johtimen

resistanssiarvoon matkayksikköä kohti (yleensä  $\Omega/\text{km}$  tai  $\text{m}\Omega/\text{m}$ ). Pienjänniteasennuksissa tulos on kuitenkin yleensä alle  $1 \Omega$ , mutta pitkillä suojajohtimilla se voi olla suurempi.

Testissä käytettävän kuormittamattoman syötön tulisi olla  $4 \dots 24 \text{ V AC}$  tai  $\text{DC}$  sekä mittausvirran minimi  $0,2 \text{ A}$ .

Mikäli jatkuvuusmittaukset antavat useamman ohmin tai jopa kymmenien ohmien suuruisia tuloksia suhteellisen lyhyillä suojajohtimien pituuksilla ja pienillä poikkipinta-aloilla, on tulos oletettava vikaa osoittavaksi ja on tutkittava mikä asennuksen kohta aiheuttaa ylimääräisen vastuksen suojajohtimeen. Yleisimpiä syitä korkeille arvoille ovat löysät, hapettuneet tai muuten huonokuntoiset liitokset tai johtimen mekaaninen vikaantuminen, eli monisäikeisen johdon tapauksessa säikeiden katkeilu tai MMJ- tyylisessä kaapelissa joko kuparin murtuminen tai johtimen suojavaipan rikkoontuminen. (Harsia, 2009)

## 4.2 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssin mittauksella varmistetaan sähkölaitteiston jännitteisten osien riittävä eristys maasta. Eristysresistanssimittaus suoritetaan aina jännitteettömässä laitteistossa ja se tulisi suorittaa ennen muita mittauksia, jotta esimerkiksi jatkuvuuden mittauksessa voidaan olla varmoja N- ja PE-johtimien erillään olemisesta. Äärijohtimet saa testauksen ajaksi kytkeä yhteen eikä kulutuslaitteiden tarvitse olla kytkettynä verkkoon. Mittauksen tavoitteita ovat:

- jännitteisten osien eristyksen varmistus maata vasten
- eristystilan säilyminen asennuksen aikana, esimerkiksi lattialämmityskaapelit
- N- ja PE- johtimien erillään pysyminen niiden erottamisen jälkeen
- SELV-, PELV-, FELV- ja suojaerotettujen piirien erillään pysyminen muista piireistä
- vikavirtasuojatun piirin erillään pysyminen muista piireistä.

Taulukossa (taulukko 1, sivu 9) on lueteltu eristysresistanssien mittaustuloksien vaaditut arvot.

Mikäli eristysvastus on alle vaaditun arvon, voidaan katsoa kyseessä olevan vika, joka tulee korjata ennen työn luovutusta. (Harsia, 2005)

Eristyksiin liittyvät ongelmat voidaan kategorioida viiteen eri osa-alueeseen:

- Sähköinen kuormitus  
Laitteiston rakenne ja syöttöjärjestelmä voivat aiheuttaa jänniteheilahteluita sekä yli- että alijännitteitä.
- Mekaaninen kuormitus  
Mikäli laitteistoa käynnistetään tai sammutetaan nopealla tahdilla, voi se aiheuttaa mekaanista rasitusta eristykselle.
- Kemiallinen kuormitus  
Lika, korroosio, kemikaalit, öljyt ja höyryt ovat asioita, jotka aiheuttavat eristysaineen syöpymistä.

- Lämpötilakuormitukset  
Ympäristölämpötila yhteydessä mekaaniseen kuormitukseen voi olla kohtalokas eristysaineelle. Mitä korkeampi lämpötila sitä nopeammin eristysmateriaali haurastuu.
- Likaantuminen  
Kosteus ja lika vanhentavat eristysmateriaaleja. Kosteus syövyttää eristysmateriaalia erityisesti, jos eristyksen pintamateriaali on huonokuntoinen tai likainen.

Kun eristysvastusmittaus suoritetaan, syötetään mitattavaan kohteeseen tunnettu jännitearvo sekä mitattu virta-arvo. Mittari ilmoittaa vastusarvon, joka toimii laadunilmaisimena johtimienväliselle eristykselle sekä vuotovirrälle. Eristyksen kokonaisvirta koostuu kolmesta kokonaisuudesta:

#### 1. Kapasitanssi

Virta, joka lataa mittaushaaran eristyksen. Transienttivirta, jonka arvo putoaa nopeasti mitättömäksi.

#### 2. Absorptio

Virta, joka asettaa eristyksessä sijaitsevat molekyylit tietyn suuntaiseksi. Kyseisen virran arvo putoaa hyvin paljon hitaammin kuin kapasitiivinen virta.

#### 3. Vuotovirta

Varsinainen eristyksen laadunilmaisija.

(ChauvinArnoux)

PELV- ja SELV-piirien erillään olemisen muista piireistä mittaamiseen käytetään eristysvastusmittausta. Taulukon 1 vaatimukset ja tämän luvun ohjeistus pätee myös näiden piirien mittauksiin.

Myös lattia- ja seinäresistanssien arvot määritetään eristysvastusmittauksella. Mittaustapa on selostettu luvussa 3.2.4.

### 4.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Vika- ja ylivirtasuojien toiminta määritetään testaamalla niiden toiminta-ajat ja toimintavirrat ja vertaamalla niitä vaadittuihin arvoihin. Mikäli toiminta-ajat tai -virrat eivät täsmää vaadittujen arvojen kanssa, tulee suojien asetteluihin, käyttöikään ja yleiskuntoon kiinnittää erityistä huomiota. Ennen mittausta on varmistuttava nollapiirin luotettavasta yhteydestä maapotentiaaliin.

### 4.4 Napaisuus ja kiertosuunta

Kiertosuuntamittarilla kolmivaihekeskuksesta tai –pistorasiasta mitattu kiertosuunta on hyvin yksiselitteinen. Mikäli vaihejärjestys vaihtelee keskuksittain tai pitkin asennusta, tulee vaihejärjestys korjata pikimmiten toimilaitteiden vaurioitumisen estämiseksi.



#### 4.5 Jännitteenalenema

Taulukossa (TAULUKKO 3, sivu 16) on lueteltu jännitteenaleneman sallitut arvot. Mikäli prosentuaalinen jännitteenalenema on suurempi kuin taulukossa mainittu, on syytä kiinnittää huomiota asennuskaapelin materiaaliin, pituuteen ja poikkipinta-alaan. Jännitteenalenema lasketaan seuraavasti:

$$u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos\varphi + \lambda L \sin\varphi) I_B,$$

jossa

$u$  = jännitteenalenema voltteina

$b$  = kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

$\rho_1$  = johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä eli –lämpötilassa, ts. 1,25 \* resistiivisyys 20 °C lämpötilassa. Kuparille 0,0225  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  ja alumiinille 0,036  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

$L$  = johtojärjestelmän pituus metreinä

$S$  = johtimien poikkipinta-ala neliömillimetreinä

$\cos\varphi$  = tehokerroin. Mikäli tarkkaa tehokerrointa ei tiedetä, oletetaan sen olevan 0,8. Tällöin  $\sin\varphi = 0,6$ .

$\lambda$  = suunniteltu virta ampeereina

Jännitteenalenema prosentteina:  $\Delta u = 100 * \frac{u}{U_0}$

$U_0$  = jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina.

Laskettua jännitteenalenemaa voidaan verrata mitattuun alenemaan, mikäli on epäilystä jostain siihen vaikuttavasta tekijästä.

Mikäli jännitteenalenemat ovat suurempia kuin taulukossa (TAULUKKO 1, sivu 9) määritetyt arvot, ne voidaan hyväksyä moottoreilla käynnistyksen aikana tai muilla laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta edellyttäen kuitenkin, että jännitteen vaihtelevuus pysyy asianomaisessa laitestandardissa vaaditussa arvossa. (SFS6000-5-52G, 2012)

## 5 POIKKEUKSIA AIHEUTTAVAT TILAT

### 5.1 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaarallinen tila on määritelty seuraavalla tavalla:

”Tila, jossa räjähdyskelpoista seosta on tai saattaa olla siinä määrin, että laitteiden rakenteille, asennukselle ja käytölle on asetettava erityisvaatimuksia.” (SFS60079-17, 2008)

Räjähdyksvaaran voivat aiheuttaa palavat kaasut, höyryt, sumut, pölyt, kuidut ja hahtuvat.

#### 5.1.1 Tarkastukset

Räjähdyksvaarallisen tilan tarkastuksen ja huollon saa suorittaa henkilö, joka koulutuksensa ja työkokemuksensa perusteella tuntee eri räjähdys-suojaurakenteet ja asennustavat, standardin SFS60079 vaatimukset, asennuksia koskevat soveltuvat kansalliset määräykset ja/tai yritysstandardit sekä tilaluokituksen yleiset periaatteet. Henkilökunnalle on annettava säännöllisesti soveltuvaa jatkokoulutusta ja tämän koulutuksen antamisesta on oltava saatavilla näyttö. (SFS60079-17, 2008)

Käyttöönottotarkastukset tehdään, jotta voidaan todeta, että valittu räjähdys-suojaurakenne ja asennus ovat oikeanlaiset. Tarkastusten on oltava yksityiskohtaisia seuraavien taulukoiden mukaisesti (luku 5.1.2):

TAULUKKO 10. Räjähdys-suojauraluokkien ja tilaluokkien rinnastus ilman riskinarviointia (sivu 37)

TAULUKKO 11. Suojauraluokkien EPL:n välinen suhde (sivu 37-38)

TAULUKKO 12. Kuvaus syttymisriskiä vastaan aikaansaadusta suojauksesta (sivu 39)

Tarkastusta ja kunnossapitoa varten seuraavat ajan tasalla olevat tiedot on oltava saatavissa:

- alueiden tilaluokitus sekä tarvittaessa asennuspaikkojen vaatima räjähdys-suojaurataso
- kaasuille: räjähdysryhmän (IIA, IIB tai IIC) ja lämpötilaluokan vaatimukset
- pölyille: räjähdysryhmän (IIIA, IIIB tai IIIC) ja maksimipintalämpötilan asettamat vaatimukset
- laitetiedot: esimerkiksi lämpötila- ja kotelointiluokka, räjähdys-suojaurakenne, korroosionkestävyys
- riittävät taustatiedot, jotta Ex-laitteiden räjähdys-suojaurakenteen mukainen kunnossapito on mahdollista: esimerkiksi laitteiden luettelo, sijainti, varaosat, hyväksynät ja tekniset tiedot
- aikaisempien tarkastusten pöytäkirjakopiot.

Tarkastuksia kutsutaan silmämääräisiksi tarkastuksiksi, lähitarkastuksiksi tai yksityiskohtaisiksi tarkastuksiksi. Taulukot (TAULUKKO 6, TAULUKKO 7, TAULUKKO 8 ja TAULUKKO 9 sivuilla 30-37) kertovat kunkin tarkastustason vaatimat toimenpiteet.

Silmämääräinen ja lähitarkastus voidaan tehdä jännitteiselle laitteelle. Yksityiskohtaista tarkastusta varten laite on yleensä välttämätöntä kytkeä jännitteettömäksi. Mikäli tarkastus tehdään laitteelle, jossa sovelletaan useampaa räjähdysuojaurakennetta, esimerkiksi Ex "ed", tulee tarkastusyhdistelmän olla yhdistelmä taulukoiden (TAULUKKO 11, sivu 37-38 ja TAULUKKO 12, sivu 39) asianomaisten sarakkeiden mukaisesti.

Kaikista käyttöönotto-, kunnossapito- ja pistotarkastuksista on pidettävä pöytäkirjaa ja ne on arkistoitava.

Tarkastuksissa tulee ottaa huomioon seuraavat kohdat:

- laitteen asennuspaikan räjähdysuojauksen (EPL)/tilaluokan vaatimustenmukaisuus (TAULUKKO 11, sivu 37-38)
- laitteen räjähdysryhmä
- laitteen maksimipintalämpötila
- laitteen syöttöpiirin tunnistaminen.

Tämän toimenpiteen tarkoitus on, että laitteisto voidaan erottaa luotettavasti verkosta. Kyseinen vaatimus voidaan täyttää monilla tavoin, esimerkkinä:

- o laitteen syöttöpisteen pysyvällä merkinnällä
- o laitteen varustaminen numerotunnuksella tai kaapelin merkitseminen numerolla laitteen läheisyydessä. Syöttöpiste voidaan määrittää laitteen tai kaapelin tunnuksen perusteella piirustuksista tai luetteloista
- o laite on esitetty selkeästi piirustuksessa, johon syöttöpiste on merkitty joko suorasti tai epäsuorasti luettelon avulla.

- kaapeliläpiviennit

Lähitarkastuksessa tehtävä läpivientien tiiveyden tarkastus on mahdollista tehdä käsin ilman, että tiivistämisaluetta tai –vaippaa tarvitsee poistaa. Yksityiskohtaisessa tarkastuksessa kaapeliläpiviennin voi joutua purkamaan osiin, ellei läpiviennin tiiveydestä voida lähitarkastuksella varmistua.

- kaapelityypin soveltuvuus
- tiivistäminen

Tämä käsittää asennuskourujen, johtokanavien ja asennusputkien tiivistyksen standardien IEC 60079-14 tai IEC 61241-14 mukaisesti.

- virtapiirin silmukkaimpedanssi tai maadoitusresistanssi

Maadoituksen kunto on tarkistettava käyttöönotto tarkastuksessa Exi-resistanssimittarilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Muuta kuin Exi-mittaria saa käyttää vain Työlupamenettelyn ehdoilla ja mikäli mittauspaikat, joissa räjähdysvaarallista kipinäointia voi esiintyä, voidaan alueesta vastaavan tahon toimesta osoittaa puhtaiksi räjähdysalttiista materiaaleista, kuten pölyilmaseoksesta tai vaarallisista pölykerrostumista.

- eristysresistanssi

Korkeintaan 500 V nimellisjännitteisten laitteiden ja kaapeloinnin eristysvastus on mitattava 500 V DC-jännitteellä ja eristysresistanssin arvon on oltava  $\geq 1 \text{ M}\Omega$ , ellei erityisesti muuta ohjetta ole annettu.

- ylikuormitussuojaus.

Pyörivät sähkökoneet käsitellään standardissa IEC 60079-14 tai IEC 61241-14.

Tarpeellista on tarkistaa, että suojalaitteiden asettelut ja toiminnot ovat oikein käyttöönottotarkastuksen ja yksityiskohtaisten tarkastelujen yhteydessä sekä että pyörivän sähkökoneen suojalaitteen ominaisuudet täyttävät seuraavat vaatimukset:

- Suojalaite toimii alle kahdessa tunnissa virran ollessa 1,20 kertaa asetettu mitoitusvirta  $I_N$ .
- Suojalaite ei toimi kahden tunnin kuluessa virran ollessa 1,05 kertaa asetettu mitoitusvirta  $I_N$ . Tämä todetaan käyttöönottotarkastuksessa.

Näiden lisäksi ovat olemassa lisätarkastusvaatimukset:

- räjähdyspaineen kestävä rakenne "d"
- räjähdys suojausliitokset

räjähdyspaineen kestäviä koteloita uudelleenkoottaessa on kaikki liitokset puhdistettava huolellisesti, ja ne voidaan voidella kevyesti sopivalla rasvalla, joka estää korroosiota ja parantaa säänkestävyyttä. Läpäisemättömät reikäaihiot on pidettävä rasvasta puhtaina. Metallisia kaapimia ei tule käyttää ja laippojen puhdistamiseen tulee käyttää vain syövyttämättömiä puhdistamiseen tarkoitettuja aineita.

### 5.1.2 Tarkastuslistat

Luvussa 5.1.1 viitataan räjähdysvaarallisten tilojen tarkastuslistoihin, jotka luetellaan taulukkomuodossa tässä luvussa. Taulukot on sijoitettu eri lukuun, jotta luku 5.1.1 pysyisi lukemisen kannalta selkeämpänä. Taulukot ovat räjähdysvaarallisia tiloja käsittelevän standardin mukaiset. (SFS60079-17, 2008)

TAULUKKO 6. Tarkastuslista Ex "d", Ex "e" ja Ex "n" asennuksille

TARKASTA:		Ex "d"			Ex "e"			Ex "n"		
		Tarkastuksen taso								
		Y = Yksityiskohtainen tarkastus								
		L = Lähitarkastus								
		S = Silmämääräinen tarkastus								
A	LAITE	Y	L	S	Y	L	S	Y	L	S
1	Laite vastaa EPL / tilaluokituksen vaatimuksia	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Räjähdysryhmä on oikea	X	X		X	X		X	X	
3	Lämpötilaluokka on oikea	X	X		X	X		X	X	
4	Syöttöpiirin tunnus on oikea	X			X			X		
5	Syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Kotelo ja tiivisteet ovat kunnossa	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X			X			X		
8	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty		X	X		X	X		X	X
9	Pultit, kaapeliläpiviennit ja sulkutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit									
	- Kokeellinen tarkastus	X	X		X	X		X	X	
	- Silmäm. tarkastus			X			X			X
10	Laippapinnat ovat puhtaat ja vahingoittumattomat	X								
11	Laippojen välykset ovat sallitut	X	X							
12	Lampun nimellisarvot, tyyppi ja käyttöasento ovat kunnossa	X			X			X		
13	Johdinliitokset ovat kiristetyt				X			X		
14	Kotelon tiivisteet ovat kunnossa				X			X		
15	Koteloidut katkaisijarakenteet ja hermeettisesti suljetut laitteet ovat vahingoittumattomat							X		
16	Rajoitetusti tuulettuvat kotelot ovat kunnossa							X		
17	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja kansiin	X			X			X		
18	Huohottimet ja kondenssiveden poistot ovat kunnossa	X	X		X	X		X	X	

		Y	L	S	Y	L	S	Y	L	S
<b>B</b>	<b>ASENNUS</b>									
1	Kaapelityyppi on oikea	X			X			X		
2	Kaapelit ovat silminnähten ehjiä	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Sulku- ja kaapelimuhvit ovat asianmukaisesti massalla täytetyt	X								
5	Putkijärjestelmä ja sen liitos sekajärjestelmään on kunnossa	X			X			X		
6	Maadoitusliitännät ml. kaikki lisäpotentialintasausliitokset ovat kunnossa									
	- Kokeellinen tarkastus	X			X			X		
	- Silmäm. tarkastus		X	X		X	X		X	X
7	Virtapiirin silmukkaimpdenssi tai maadoitusresistanssi on riittävä	X			X			X		
8	Eristysresistanssi on riittävän suuri	X			X			X		
9	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X			X			X		
10	Em. suojalaitteet on oikein aseteltu	X			X			X		
11	Käytön erityisehdot täyttyvät	X			X			X		
12	Käyttämättömät kaapelit on oikein päätetty	X			X			X		
13	Räjähdyssuojalaippaliitosten lähellä olevat esteet ovat IEC 60079-14 mukaiset	X	X	X						
14	Taajuusmuuttaja-asennukset ovat suunnitelman mukaiset	X	X		X	X		X	X	
<b>C</b>	<b>YMPÄRISTÖ</b>									
1	Laite on riittävän suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitoilta	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Sähköinen eristys on puhdas ja kuiva				X			X		

TAULUKKO 7. Tarkastuslista Ex "i", "iD" ja nL" asennuksille

TARKASTA:		Tarkastuksen taso Y = Yksityiskohtainen tarkastus L = Lähitarkastus S = Silmämääräinen tarkastus		
		Y	L	S
A	LAITE			
1	Piirin ja/tai laitteen asiakirjat vastaavat asennuspaikan EPL/tilaluokan vaatimuksia	X	X	X
2	Asennettu laite on sama kuin suunnitelmassa määritetty (vain kiinteät	X	X	
3	laitteet)	X	X	
4	Piirin ja/tai laitteen tyyppi ja räjähdyssryhmä ovat oikeat	X	X	
5	Lämpötilaluokka on oikea	X	X	
6	Asennukset merkinnät ovat selkeät	X		
7	Kotelon ja sen osien tiivisteet ja massaukset ovat kunnossa	X		
8	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei tehty		X	X
9	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei tehty	X	X	X
	Suojarajoittimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksyttyä tyyppiä, ne on asennettu			
10	hyväksymisasiakirjojen vaatimusten mukaisesti ja ne on maadoitettu	X		
11	luotettavasti aina, kun maadoitus vaaditaan	X		
	Johdinliitokset on kiristetty			
	Piirilevyt ovat puhtaat ja ehjät			
B	ASENNUS			
1	Kaapelit on asennettu suunnitelman mukaisesti	X		
2	Kaapelivaipat on maadoitettu suunnitelman mukaisesti	X		
3	Kaapelit ovat silminnähden ehjät	X	X	X
4		X	X	X

5	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X		
6	Ristikytkenät ovat oikein	X		
7	Maadoitusyhteydet ovat kunnossa piireissä, joita ei ole galvaanisesti erotettu	X	X	X
8	Maadoitusliitokset varmistavat räjähdys-suojausluokan	X		
9	Exi- piirin maadoitus ja eristysresistanssi ovat riittävät	X		
10	Exi- piirin ja muiden piirien välinen erotus on toteutettu yhteisissä rele- tai kytkentäkoteloissa	X		
11	Virtalähteen oikosulkusuojaus on suunnitelman mukainen	X		
12	Käytön erityisehdot täyttyvät	X	X	X
	Käyttämättömät kaapelit on oikein päätetty			
<b>C</b>	<b>YMPÄRISTÖ</b>			
1	Laite on riittävän suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitoilta	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X



TAULUKKO 8. Tarkastuslista Ex "p" ja "pD" asennuksille

TARKASTA:		Tarkastuksen taso Y = Yksityiskohtainen tarkastus L = Lähitarkastus S = Silmämääräinen tarkastus		
		Y	L	S
A	LAITE			
1	Laite on asennuspaikan EPL/tilaluokituksen mukainen	X	X	X
2	Laitteen räjähdysryhmä on oikea	X	X	
3	Laitteen lämpötilaluokka tai pintalämpötila on oikea	X	X	
4	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X		
5	Syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X
6	Kotelo ja sen osien tiivisteet ja massaukset ovat kunnossa	X	X	X
7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei tehty	X		
8	Hyväksynnän vastaisia silminnähtäviä muutoksia ei tehty		X	X
9	Lampun nimellisarvot, tyyppi ja käyttöasento ovat oikeat	X		
B	ASENNUS			
1	Kaapelityyppi on oikea	X		
2	Kaapeli on silminnähtävän ehjä	X	X	X
3	Maadoitusliitännät ml. kaikki lisäpotentialintasausliitokset ovat kunnossa			
	- Kokeellinen tarkastus	X		
	- Silmäm. tarkastus		X	X
4	Virtapiirin silmukkaimpdentsi tai maadoitusresistanssi on riittävän pieni	X		
5	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X		

6	Automaattiset sähköiset suojalaitteet on aseteltu oikein	X		
7	Suojakaasun tulolämpötila on suurimman sallitun arvon alapuolella	X		
8	Kanavat, putket ja kotelot ovat hyvässä kunnossa	X	X	X
9	Suojakaasussa ei ole oleellisia määriä epäpuhtauksia	X	X	X
10	Suojakaasun paine/virtaus on riittävä	X		
11	Paineen/virtauksen ilmaisimet, hälyttimet ja lukitukset toimivat oikein	X		
12	Ex- tilaan johtavien suojakaasukanavien kipinä- ja hiukkaserottimet ovat tyydyttävässä kunnossa	X		
13	Käytön erityisehdot täyttyvät	X		
<b>C</b>	<b>YMPÄRISTÖ</b>			
1	Laite on riittävän suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitoilta	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X

TAULUKKO 9. Tarkastuslista Ex "tD" asennuksille

TARKASTA:		Tarkastuksen taso Y = Yksityiskohtainen tarkastus L = Lähitarkastus S = Silmämääräinen tarkastus		
		Y	L	S
A	LAITE			
1	Laite on asennuspaikan EPL/tilaluokituksen mukainen	X	X	X
2	IP- luokka on pölyn johtavuutta vastaava	X	X	X
3	Maksimilämpötila on oikea	X	X	
4	Laitteen syöttöpiirin tunnus on oikea	X		
5	Syöttöpiirin tunnus on olemassa	X	X	X
6	Kotelo ja sen osien tiivisteet ja massaukset ovat kunnossa	X	X	X
7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei tehty	X		
8	Hyväksynnän vastaisia silminnähtäviä muutoksia ei tehty		X	X
9	Lampun nimellisarvot, tyyppi ja käyttöasento ovat oikeat	X		
10	Pultit, kaapeliläpiviennit ja sulkutulpat ovat oikean tyyppiset, ehjät ja tiiviit - Kokeellinen tarkastus - Silmäm. tarkastus	X	X	X
11	Johdinliitokset on kiristetty	X		
12	Koteloiden tiivisteet ovat kunnossa	X		
13	Moottorituulettimilla on riittävä ilmaväli koteloihin ja / tai kansiin	X		
B	ASENNUS			
1	Asennus on tehty pölyn kerrostumisriskiä välttää	X	X	X
2	Kaapelityyppi on oikea	X		
3	Kaapelit ovat silminnähdn ehjiä	X	X	X
4	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X	X	X
5	Maadoitusliitännät ml. kaikki lisäpotentiaalintasausliitokset ovat kunnossa - Kokeellinen tarkastus	X		

6	- Silmäm. tarkastus Virtapiirin silmukkaimpedanssi tai maadoitusresistanssi on riittävän pieni	X	X	X
7	Eristysresistanssi on riittävä	X		
8	Automaattiset sähköiset suojalaitteet toimivat sallituissa rajoissa	X		
9	Käytön erityisehdot täyttyvät	X		
10	Käyttämättömät kaapelit on oikein päätetty	X	X	
<b>C</b>	<b>YMPÄRISTÖ</b>			
1	Laite on riittävän suojattu korroosiolta, säältä, värinältä ja muilta haitoilta	X	X	X
2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X	X	X

### 5.1.3 Muut taulukot

Luvussa 5.1.1 on viitattu taulukoihin, joiden avulla määritellään räjähdysluokkien, tilaluokkien ja suojausrakenteen välisiä taulukoita. Kyseiset taulukot on lueteltu tässä luvussa luvun 5.1.1 luettavuuden sujuvuuden säilyttämiseksi.

TAULUKKO 10. Räjähdysluokkien ja tilaluokkien rinnastus ilman riskinarviointia

Räjähdysluokitus (EPL)	Tilaluokka
Ga	0
Gb tai Ga	1
Gc, Gb tai Ga	2
Da	20
Db tai Da	21
Dc, Db tai Da	22

TAULUKKO 11. Suojausluokkien EPL:n välinen suhde

EPL	Räjähdysluokitus	Tunnus	Standardi
"Ga"	Luonnostaan vaaraton	"ia"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"ma"	IEC 60079-18
	Kaksi toisistaan riippumatonta suojausrakennetta, jotka kumpikin täyttävät EPL "Gb"-vaatimukset		IEC 60079-26
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28

"Gb"	Räjähdyspaineen kestävä kotelointi	"d"	IEC 60079-1
	Varmennettu rakenne	"e"	IEC 60079-7
	Luonnostaan vaaraton	"ib"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"m", "mb"	IEC 60079-18
	Öljytäytteinen	"o"	IEC 60079-6
	Paineistettu kotelointi	"p", "px", "py"	IEC 60079-2
	Hiekkatäytteinen	"q"	IEC 60079-5
	Luonnostaan vaaraton kenttäväylä "FISCO"		IEC 60079-27
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
"Gc"	Luonnostaan vaaraton	"ic"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mc"	IEC 60079-18
	Kipinöimätön	"n", "nA"	IEC 60079-15
	Rajoitetusti hengittävä	"nR"	IEC 60079-15
	Energia rajoitus	"nL"	IEC 60079-15
	Kipinöivä laite	"nC"	IEC 60079-15
	Paineistettu kotelointi	"pz"	IEC 60079-2
	Kipinöimätön kenttäväylä "FNICO"		IEC 60079-27
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne		IEC 60079-28
"Da"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
"Db"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
	Paineistettu kotelointi	"pD"	IEC 61241-4
"Dc"	Luonnostaan vaaraton	"iD"	IEC 60079-11
	Massaan valettu	"mD"	IEC 60079-18
	Suojaus koteloinnilla	"tD"	IEC 60079-31
	Paineistettu kotelointi	"pD"	IEC 61241-4

TAULUKKO 12. Kuvaus syttymisriskiä vastaan aikaansaadusta suojauksesta

Aikaansaatu suojaus	Räjähdyssuojaustaso Ryhmä	Suojauksen suorituskyky	Toimintaehdot
Hyvin korkea	Ma Ryhmä I	Kaksi itsenäistä suojauskeinoa tai laite on turvallinen vaikka kaksi toisistaan riippumatonta vikaa esiintyy yhtä aikaa	Laite pysyy toiminnassa räjähdyskelpoisen pitoisuuden esiintyessä
Hyvin korkea	Ga Ryhmä II	Kaksi itsenäistä suojauskeinoa tai laite on turvallinen vaikka kaksi toisistaan riippumatonta vikaa esiintyy yhtä aikaa	Laite pysyy toiminnassa tilaluokissa 0, 1 ja 2
Hyvin korkea	Da Ryhmä III	Kaksi itsenäistä suojauskeinoa tai laite on turvallinen vaikka kaksi toisistaan riippumatonta vikaa esiintyy yhtä aikaa	Laite pysyy toiminnassa tilaluokissa 20, 21 ja 22
Korkea	Mb Ryhmä I	Sopii normaalikäyttöön ja vaativiin olosuhteisiin	Laite kytketään pois päältä räjähdyskelpoisen pitoisuuden esiintyessä
Korkea	Gb Ryhmä II	Sopii normaalikäyttöön ja usein esiintyviin häiriöihin tai laitteisiin, joissa viat otetaan normaalisti huomioon	Laite pysyy toiminnassa tilaluokissa 1 ja 2
Korkea	Db Ryhmä III	Sopii normaalikäyttöön ja usein esiintyviin häiriöihin tai laitteisiin, joissa viat otetaan normaalisti huomioon	Laite pysyy toiminnassa tilaluokissa 21 ja 22
Korotettu	Gc Ryhmä II	Sopii normaalikäyttöön	Laite pysyy toiminnassa tilaluokassa 2
Korotettu	Dc Ryhmä III	Sopii normaalikäyttöön	Laite pysyy toiminnassa tilaluokassa

## 5.2 Hoitotilat

Lääkintätila on määritelty seuraavasti:

”Tila, jossa potilaita tutkitaan, hoidetaan (ml. kosmeettinen hoito) ja valvotaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avulla.” (SFS6000-7-710, 2012)

Sähkökäyttöinen lääkintälaitte on määritelty seuraavasti:

”Sähkökäyttöinen laite, jossa on liitäntäosa, tai joka siirtää energiaa potilaaseen tai potilaasta tai ilmaisee tällaista energian siirtymistä, ja joka on:

- vain yhdellä liitynnällä yhteydessä erityiseen sähköverkkoon, ja
- valmistajan mukaan tarkoitettu käytettäväksi potilaan tilan määrittämiseen, hoitoon tai valvontaan tai sairauden, vamman tai haitan parantamiseen tai lievittämiseen.” (SFS6000-7-710, 2012)

### 5.2.1 Ryhmä G0

Ryhmä G0 on määritelty seuraavasti:

”Tila, jossa ei ole tarkoitus käyttää mitään sähköisen lääkintälaitteen liityntäosia, ja jossa syötön keskeytys (vika) ei voi aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa.” (SFS6000-7-710, 2012)

Ryhmän G0 tiloja ovat esimerkiksi ravintokeskukset, ilmastointikonehuoneet ja hallintotilat.

### 5.2.2 Ryhmä G1

Ryhmä G1 on määritelty seuraavasti:

”Lääkintätila, jossa sähkönsyötön keskeytys ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaan turvallisuudelle, ja sähkökäyttöisen lääkintälaitteen liityntäosia on tarkoitus käyttää

- ihon ulkopuolisesti
- ihon sisäisesti mihin tahansa kehon osaan, ellei kyseessä ole ryhmän G2 soveltamisalue.” (SFS6000-7-710, 2012)

Ryhmän G1 tiloja ovat esimerkiksi päiväsal, käytävä ja odotushuone, mikäli niihin on osoitettu varapotilaspaikkoja.

### 5.2.3 Ryhmä G2

Ryhmä G2 on määritelty seuraavasti:

”Lääkintätila, jossa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia on tarkoitus käyttää sellaisiin sovelluksiin kuin:

- sydämenläheisiin toimintoihin, tai
- leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa sähkönsyötön keskeytys voi aiheuttaa välittömän vaaran potilaalle.” (SFS6000-7-710, 2012)

Ryhmän G2 tiloja ovat esimerkiksi leikkaussali ja tehohoitotila.

#### 5.2.4 Varavoimajärjestelmä

Lääkintätiloissa tarvitaan varavoimajärjestelmiä, joiden avulla voidaan turvata lääkintätilojen keskeytymätön toiminta sähkökatkosta huolimatta. Normaalitilanteessa sairaaloissa tarvitaan varavoimaa, jonka keskeytysaika on korkeintaan 0,5 sekuntia sekä varavoimaa keskeytysajaltaan 15 sekuntia. Pitempien sähkökatkosten aikana sairaalan perustoimintojen ylläpito voi vaatia lisävaravoimaa, jonka kytketymisaika voi olla yli 15 sekuntia. (SFS6000-7-710.56, 2012)

#### 5.2.5 Käyttöönottotarkastukset

SFS 6000-7-710.61 mukaisesti on suoritettava seuraavat käyttöönottotarkastukset:

- a) "Lääkintä IT-järjestelmän eristystilan valvontalaitteiden ja akustisen / optisen hälytysjärjestelmien sekä ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe." (SFS6000-7-710, 2012)
- Kullekin IT-järjestelmälle on oltava akustisella ja optisella hälytyksellä varustettu hälytyslaite, jossa on seuraavat komponentit sijoitettuna siten, että henkilökunta voi valvoa niitä helposti:

- Vihreä merkkivalo osoittamaan laitteen normaalia toimintaa.
- Keltainen merkkivalo osoittamaan resistanssin miniarvon saavuttamisen. Tämä valo ei saa olla kuitattavissa tai poiskytkettävissä.
- Äänihälytys, joka soi kun resistanssin minimiarvo on saavutettu. Äänihälytys voi olla kuitattavissa.
- Keltaisen merkkivalon on poistuttava vian poistuesssa ja normaalitilan palautuessa.

IT-järjestelmän muuntajan ylikuormitusta ja / tai korkeaa lämpötilaa on valvottava. (SFS6000-7-710.411, 2012)

- b) Mittaukset potentiaalintasauksen toteamiseksi
- Kaikissa ryhmän G1 ja G2 lääkintätiloissa on tehtävä lisäpotentiaalintasaus, ja lisäpotentiaalintasausjohtimet on potentiaalierojen tasaamiseksi liitettävä potentiaalintasauskiskoon seuraavien hoitoalueella tai hoitoalueelle mahdollisesti siirrettävien osien välillä:

- suojamaadoitusjohtimet
- muut johtavat osat
- häiriökenttien suojukset
- johtavien lattioiden metalliverkko
- erotusmuuntajan mahdollinen metallinen sähköinen suoja.



Ryhmän G2 lääkintätilassa tulee olla riittävä määrä lisäpotentialintasauksen liitäntäpaikkoja laitteiden liittämiseen. Tämän ryhmän lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten yhteenlaskettu resistanssi lisäpotentialintasauksikon ja pistorasioiden tai kiinteästi asennettujen laitteiden suojaliittimien tai muiden johtavien osien välillä ei saa olla suurempi kuin  $0,2 \Omega$ . Ryhmän G1 tiloissa lisäpotentialintasauksen liitäntäpaikkojen asentamista suositellaan.

”Potentialintasauksikon pitää sijaita lääkintätilassa tai sen lähellä ja se pitää liittää syöttävän keskuksen suojakiskoon vähintään suurimman lisäpotentialintasauksikoon liitetyn johtimen vahvuisella johtimella. Liitäntöjen tulee olla luoksepäästävässä, merkittyjä, helposti nähtävissä sekä helposti yksittäin irrotettavissa.” (SFS6000-7-710.415, 2012)

- c) Potentialintasauksen jatkuvuudelle asetettujen vaatimusten täyttymisen toteaminen  
Ryhmän G1 tilassa, kuten potilashuoneessa, lisäpotentialintasaukseen liitettäviä osia ovat mm. seuraavat:

- vesi-, lämpö-, ilma-, viemäri-, kaasu- ja imujärjestelmien putkistot, jos ne ulottuvat hoitoalueelle
- johtokanavien yms. metalliset rungot. (SFS6000-7-710.415, 2012)

Ryhmän G2 tilassa, kuten leikkaussalissa, lisäpotentialintasaukseen liitetään yleensä lisäksi esimerkiksi laitteiden ripustamiseen tarkoitetut kiskot ja leikkaussalivalaisimien ja kattokeskusten rungot. Näihin tiloihin asennetaan myös lääkintätilan vastuullisen johdon osoittama määrä potentialintasaukspistorasioita.

Lattia liitetään potentialintasaukseen silloin, kun käytetään johtavaa tai puolijohtavaa lattiaa, joka on tarkoitettu liitettäväksi potentialintasaukseen. Normaalin betonirakenteisen lattian betoniteräksiä ei tarvitse erikseen liittää potentialintasaukseen.

- d) Turvatoimintojen ja varavoimajärjestelmien olemassaolo  
Mikäli terveysasemalla tai klinikalla on toimenpide- tai vastaava huone, jossa toimenpiteiden turvallinen päättäminen vaatii syötön jatkuvuutta, on käytettävä ainakin akkukäyttöistä syöttöjärjestelmää, UPS-järjestelmää tai vastaavaa järjestelmää. G2-tiloja omaavissa sairaaloissa tarvitaan yleensä sekä enintään  $0,5 \text{ s}$  että enintään  $15 \text{ s}$  kytkeytymisajan omaavia varavoimajärjestelmiä. Mikäli muualla kuin kyseisen lääkintätilan rakennuksessa käytetään sähkösyöttöisiä lääkintälaitteita, on suositeltavaa sähkökatkojen välttämiseksi tiloja syöttävät kesukset ja pääkesukset varustettavaksi varoituskilvillä, joissa kehoitetaan välttämään sähkökatkoksia sähköisten lääkintälaitteiden vuoksi.

Luvussa 6.2 mainittujen suojausmenetelmien tulee toteutua myös silloin, kun lääkintätiloja syötetään varavoimajärjestelmän teholähteellä tai kun varavoimajärjestelmä ja normaali syöttöverkko ovat rinnakkaiskäytössä. Varavoimajärjestelmän syöttöverkkoa pitää voida syöttää normaaliverkosta mikäli teholähde on vaurioitunut. Syötön vaihto on mahdollista toteuttaa joko käsikäyttöisesti vaihtokytkimellä tai automaattisella syötönvaihtokytkimellä.

”Teholähteen mitoitusvirran tulee olla vähintään 10-kertainen IT-järjestelmän kaikkien kytkettyjen erotusmuuntajien mitoitusvirtojen summaan nähden. Teholähteenä käytettävän kolmivaiheisen varavoimakoneen on kyettävä syöttämään epäsymmetristä vaihekuormaa. Mitoitusteholtaan enintään 300 kVA teholähteiden on kyettävä syöttämään vinokuormaa 100% mitoitusvaihevirrasta yksivaiheisella kuormalla. Mitoitusvirraltaan suurempien teholähteiden on kyettävä syöttämään vinokuormaa 45% mitoitusvaihevirrasta.” (SFS6000-7-710, 2012)

Joskus lääkintätiloissa, kuten tehohoidossa, tarvitaan lisäksi alle 0,5 s kytkeytymisajan omaavaa syöttö- tai UPS-järjestelmää syöttämään elintoimintoja ylläpitäviä laitteita ja välttämätöntä valaistusta. Lopullinen vastuu varavoimaverkon ryhmä-, luokka- ja kytkeytymisaikapäätöksistä kuuluu lääkintätilan haltijalle / toiminnan harjoittajalle. Varavoimajärjestelmän teholähde tulee voida käynnistää ja sen on voitava käydä riippumatta ulkopuolisista verkoista. Kyseistä järjestelmää käytettäessä edellytetään, että jakelujärjestelmän suojalaitteet toimivat luotettavasti.

Ryhmän G2 lääkintätilojen jakokeskusten syöttö tulee toteuttaa kahdella toisistaan erotetulla syöttöjohdolla, joista toisella tuodaan normaalilanteessa käytettävä syöttö varavoimajärjestelmästä ja toista käytetään syöttöön normaaliverkosta varavoimasyötön häiriöiden ja huollon aikana. Taulukossa (TAULUKKO 14) on esimerkkejä lääkintätilojen luokituksista ja niiden varavoiman päällekytkentäaikojen tarpeesta. (SFS6000-7-710B.1, 2012)

- e) Sähkönsyötön selektiivisyyden tarkastelu sekä normaaliverkon että turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien osalta.

Muita huomioitavia seikkoja ja kokonaisuuksia käyttöönottotarkastuksessa ovat mm. seuraavat:

- Pistorasioiden merkkäminen keskustunnuksin, ryhmänumeroin ja rasianumeroin sekä mahdollisesti värein taulukon (TAULUKKO 13) mukaisesti. Kyseisiä värejä on suositeltavaa käyttää myös syöttävien keskusten kansien tunnusväreinä.
- Enintään 0,5 sekunnin kytkeytymisajan omaavien teholähteiden (esim UPS) pitää olla kytkettynä vähintään yhteen toimenpidevalaisimeen jokaisessa leikkaussalissa tai vastaavassa tilassa
- Varavalaistuksen pitää mahdollistaa henkilökunnan ja potilaiden liikkuminen turvallisesti, myös odotustiloissa, sisään- ja uloskäynneissä jne.
- Potentiaalintasauksen jatkuvuus suositellaan ryhmän G2 lääkintätiloissa mitattavaksi käyttäen 10 A testausvirtaa. Ryhmän G1 lääkintätiloissa riittää SFS 6000-6 mukainen 200 mA virta.
- Ryhmien G1 ja G2 lääkintätiloissa IT-, TN- ja TT-järjestelmissä suurin jatkuva kosketusjännite  $U_L$  ei saa ylittää 25 V vaihtojännitteellä tai 60 V tasajännitteellä
- Ryhmän G1 lääkintätilojen korkeintaan 32 A ryhmäjohtoissa on käytettävä vikavirtasuojaa, jonka mitoitusvoimintavirta on enintään 30 mA.

TAULUKKO 13. Pistorasioiden suositeltavat tunnusvärit lääkintätiloissa

Suosittelvat tunnusvärit	
Normaali verkko	Valkoinen tai muu määritelty normaaliväri
Varavoimajärjestelmän syöttö yli 15 s	Vaaleansininen esim RAL 5024
Varavoimajärjestelmän syöttö alle 15 s	Sininen esim RAL 5007
Varavoimajärjestelmän syöttö alle 0,5 s	Punainen esim RAL 3011
UPS, myös UPS:lla syötetty IT-järjestelmä	Oranssi esim RAL 2000
Lääkintä IT-järjestelmä	Vihreä esim RAL 6025

TAULUKKO 14. Esimerkkejä lääkintätiloista ja niiden luokittelusta

Lääkintätila	Ryhmä			Luokka	
	0	1	2	≤ 0,5 s	>0,5 s ≤15 s
Hierontahuone	X	X			X
Synnytyssali		X		Xa	X
Anestesiatiila			X	Xa	X
Valmisteluhuone		X	X	Xa	X
Leikkaussali			X	Xa	X
Heräämö		X	X	Xa	X
Magneettikuvaushuone		X		X	X
EKG-huone		X			X
Kipsaussali		X	X	Xa	X

Taulukossa (TAULUKKO 14) Xa tarkoittaa, että kyseisessä tilassa olevat valaisimet ja elintoimintoja ylläpitävät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet vaativat kyseisen kytkentäluokan täyttymisen.

## 6 YHTEENVETO

Päätavoite oli laatia ohjeistus ja ohjeistuksen tiivistelmä käyttöönottotarkastuksista ja niiden ongelmatilanteista. Tavoitteessa pysyttiin pääosin. Käyttöönottotarkastukset jo pelkästään tässä opinnäytetyössä mainituissa asioissa on aiheena hyvin laaja. Työn ohjaajan sekä oman mielipiteeni mukaan teollisuuden käyttöönottotarkastukset voisivat olla aihe kokonaan toiselle opinnäytetyölle. Näin ollen kyseinen asiakokonaisuus on jätetty tästä opinnäytetyöstä pois.

Tavanomaisten käyttöönottotarkastusten suorittaminen on kokonaisuudessaan yksinkertaista, mutta vikojen ja ongelmatilanteiden ilmaantuessa voi yksinkertainenkin tarkastus muuttua nopeasti monimutkaiseksi. Tästä syystä käyttöönottotarkastuksia suorittavan henkilön tulee olla kokenut tai vähintään hyvin tehtävään ohjeistettu.

Tarkastukselle kannattaa myös varata hyvin aikaa ongelmatilanteiden varalta, sillä syiden selvittämisessä ja ongelmien ratkaisemisessa voi pahimmassa tilanteessa kestää hyvinkin kauan. Yksityiskohtaisia seikkoja tiettyjen asioiden tarkastuksessa riittää hyvin paljon. Opinnäytetyön yhteydessä laadittavan tiivistelmän tarkoitus on parantaa sujuvuutta ja nopeuttaa asentajan työskentelyä työmaalla.

Keskeisimpänä asiana tarkastusten sujuvuuteen sekä tulostulosten analyysiin on tarkastushenkilön valmistautuminen tarkastusten tekemiseen: oikeanlaiset mittarit, työkalut ja tarkastusten toteutustavat vaikuttavat työhön kuluvaan aikaan suuresti. Tämän vuoksi tarkastustyön teettävällä osapuolella on hyvä olla tarkka käsitys siitä, mitä asiakkaalle luovutettavassa työssä on tarve tarkastaa ja mihin seikkoihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tämä opinnäytetyö kokosi yhteen näitä asioita.

Opinnäytetyönä käyttöönottotarkastukset ovat erittäin suuri kokonaisuus, jonka tiivistäminen useista standardeista opinnäytteen mittaiseksi dokumentiksi on ollut haastavaa. Standardeissa on esitetty selkeästi vaadittavat tarkastuskohteet sekä niiden tarkastamiseen käytettyjä toimenpiteitä, ja näiden seikkojen priorisointi ja niiden kokoaminen yhteen dokumenttiin on vaikeaa.

Käyttöönottotarkastuksiin liittyvät keskeisesti varmennus- ja kunnossapitotarkastukset. Nämä eivät kuuluneet opinnäytetyön aihealueeseen, joten niitä ei tässä työssä käsitelty lyhyttä varmennustarkastuksia käsittelevää lukua (luku 3) enempää. Nämä asiat tulee kuitenkin ottaa huomioon käyttöönottotarkastusta suunniteltaessa.

## 7 LÄHTEET

- ChauvinArnoux. (ei pvm). *Eristysvastuksen mittausopas*. Noudettu osoitteesta Chauvin Arnoux Finland:  
[https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2015/12/FI\\_Eristysvastuksen-mittausopas.pdf](https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2015/12/FI_Eristysvastuksen-mittausopas.pdf)
- Harsia, P. (2005). *Eristysresistanssimittaus*. Noudettu osoitteesta Digitaali ammattikorkeakoulu:  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133739307/1134133840901.html>
- Harsia, P. (2009). *Suojajohtimen jatkuvuus*. Noudettu osoitteesta Digitaalinen ammattikorkeakoulu:  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html>
- KTM. (1996). Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös. Teoksessa *Päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä*. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Noudettu osoitteesta  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>
- SFS5825-4.4. (2006). SFS 5825-4: Sähkölaitteiston varmennustarkastus, 4.4: Tekninen tarkastus . Teoksessa S. ry, *Sähkölaitteiston varmennustarkastus*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS5825-4.5. (2006). SFS 5825-4: Sähkölaitteiston varmennustarkastus, 5: Tarkastusseloste (Tarkastustodistus). Teoksessa S. ry. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS5825-5. (2006). SFS 5825: Sähkölaitteiston varmennustarkastus, 5: Tarkastuksesta aiheutuvat toimenpiteet. Teoksessa S. ry, *Sähkölaitteiston varmennustarkastus*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.3.2.2. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.3.2 Syötön automaattinen poiskytkentä vian takia. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.4.4. (2012). SFS 6000-4-411: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.4.4: Jakelujärjestelmän suojalaitteiden ja piirin impedanssiehdot. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.4.5. (2012). SFS 6000 4-41: Suojausmenetelmät, suojaus sähköiskulta, 411.4.5: TN- järjestelmän vikasuojauksen suojalaitteet. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.5.1. (2012). SFS 6000 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.5.1: TT- järjestelmän jännitealttiiden osien maadoitus. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.6.2. (2012). SFS6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.6.2: IT- järjestelmän jännitealttiiden osien maadoitus. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.6.3. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.6.3: IT- järjestelmän valvonta- ja suojalaitteet. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-411.6.4. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 411.6.4: Toisen vian aiheuttaman automaattisen poiskytkennän vaatimukset. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-413. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 413: Suojausmenetelmä - sähköinen erotus. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.

- SFS6000-4-413.3. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 413.3: Vikasuojauksen vaatimukset. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-414. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 414: Suojausmenetelmä - pienoisjännite SELV ja PELV. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-415.2. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, 415.2: Lisäsuojaus - suojaavan lisäpotentiaalintasauksen käyttö. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-4-41C.1.5. (2012). SFS 6000-4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta, liite 41C, kohta 1.5: Eristävien lattioiden ja seinien resistanssi. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-5-52G. (2012). SFS 6000-5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät, liite 52G: Jännitteenalenema sähkökäyttäjän asennuksessa. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6. (2012). SFS 6000-6: Tarkastukset. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6-61.3.11. (2012). SFS 6000-6: Tarkastukset, 61.3.11: Jännitteenalenema. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6-61.3.5. (2012). SFS 6000-6: Tarkastukset, 61.3.5: Lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssi. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6-61.3.6.1. (2012). SFS6000-6: Tarkastukset, 61.3.6.1: Yleistä. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6-61.3.6.2. (2012). SFS 6000-6: Tarkastukset, 61.3.6.2: Maadoituselektrodin resistanssin mittaaminen. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-6-61.4.1. (2012). SFS 6000-6: Tarkastukset, 61.4.1: Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan olemassaolon vaatimukset. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710.3. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat, 3: Määritelmät. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710.411. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat, 411: Syötön automaattinen poiskytkentä. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710.415. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat, 415: Lisäsuojaus. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710.56. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat, 56: Turvajärjestelmien syötöt ja varavoimajärjestelmät. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS6000-7-710B.1. (2012). SFS 6000-7-710: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Lääkintätilat, taulukko 710B.1: Esimerkkiluettelo lääkintätiloista ja niiden luokitteluista. Teoksessa S. ry, *Pienjännitesähköasennukset*. Suomen standardisoimisliitto SFS.

- SFS60079-17. (2008). SFS 600079-17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. Teoksessa S. ry, *Räjähdyksvaaralliset tilat*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- SFS-IEC60449. (2007). SFS-IEC 60449: Rakennusten sähköasennusten jännitealueet. Teoksessa S. ry, *Rakennusten sähköasennusten jännitealueet*. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- ST16-7.2.3. (2014). ST 16: Yleiskaapelointijärjestelmät, 7.2.3: Parikaapeleiden asennuksen erityispiirteet. Teoksessa J. A. Pekka Koivisto, *ST-käsikirja 16: Yleiskaapelointijärjestelmät*. Sähkötieto ry.
- ST33. (2012). ST 33: Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Teoksessa J. Kauppila, *ST -käsikirja 33: Rakennusten sähköasennusten tarkastukset*. Sähkötieto ry.
- ST37-1. (2008). ST 37: EMC ja rakennusten sähkötekniikka, 1: EMC- direktiivi. Teoksessa T. Ylinen, *ST- käsikirja 37: EMC ja rakennusten sähkötekniikka*. Sähkötieto ry.

## 8 LIITTEET

### 8.1 Käyttöönottotarkastusten ohjeistus sähköasentajalle